

湖南人文科技学院，娄底，中国
河南科技学院，新乡，中国
苏梅国立农业大学，苏梅，乌克兰

伊戈尔·马祖连科 李云波 邵铮铮 诺曼

浓缩番茄制品加工技术

专著

敖德萨
«Astroprint»
2023

УДК 658.512.001:641.56
М44

审稿人

Anatoly Timofiyovych Bezusov, 技术科学博士, 敖德萨国立技术大学生物工程和水资源系教授, 乌克兰教育和科学部

乌克兰国立生命与环境科学大学学术委员会、中国-乌克兰生命科学研究所生态安全与有机产品标准化与技术分院研究与设计院推荐出版

伊戈尔·马祖连科

М44 浓缩番茄制品加工技术 : 专著 / 伊戈尔·马祖连科, 李云波, 邵铮铮, 诺曼. — 敖德萨 : Astroprint, 2023. — 252 页.
ISBN 978–966–927–936–1

本专著介绍了基础和应用研究的结果, 旨在创造全新的番茄浓缩方法, 以提高成品的质量和安全指标。这本专著对实践者和科学家都很有用。本教材可用于本科和硕士课程“营养技术”、“营养学”、“食品与微生物生产工艺与设备”、“食品质量与安全”等课程的教学过程。研究成果将对从事硕士、研究生和博士课程研究的科学家有用。该专著以中文、英文和乌克兰文三种语言出版。版本相同。

УДК 658.512.001:641.56

The monograph presents the results of fundamental and applied research aimed at creating fundamentally new methods of tomato concentration in order to improve the quality and safety indicators of the finished product. The monograph can be useful for practitioners and scientists. The presented materials can be used in the educational process of The Bachelor's and Master's programs when studying the courses “nutrition technology”, “nutrition”, “processes and apparatuses of food and microbiological production”, “quality and safety of food products”. The research results will be useful for scientists who conduct research in Master's, postgraduate and doctoral programs. The monograph is published in three languages — Chinese, English and Ukrainian. Editions are identical.

У монографії наведено результати фундаментальних та прикладних досліджень направлених на створення принципово нових прийомів концентрування томатів з метою підвищення показників якості та безпечності готового продукту. Монографія може бути корисна для фахівців практиків та науковців. Викладені матеріали можливо використовувати в учбовому процесі за програмами «Бакалавр», «Магістр» при вивчанні курсів «Технологія харчування», «Нутриціологія», «Процеси та апарати харчових та мікробіологічних виробництв», «Якість та безпечність харчових продуктів». Результати досліджень будуть корисні науковцям, які проводять дослідження у магістратурі, аспірантурі та докторантурі. Монографія вкладена трьома мовами — Китайською, Англійською та Українською. Видання ідентичні.

ISBN 978–966–927–936–1

© 伊戈尔·马祖连科, 李云波,
邵铮铮, 诺曼, 2023

我们不是为了吃而活着, 而是为活着而吃。
Latin: Edimus ut vivamus, non vivimus ut edamus.

苏格拉底

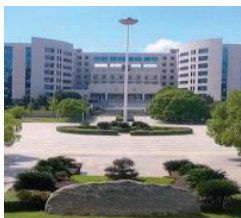
营养是影响人口健康的最重要因素之一。它保证人的正常发展, 有助于预防疾病, 延长寿命, 并为人充分适应自然环境创造条件。人口的健康营养问题是执行国家社会政策中最重要的问题之一。这一问题的成功解决取决于为生产高质量和安全的食品创造条件。

人们对新鲜的番茄和烹饪过的番茄需求量很大。在世界上的各种菜系中, 番茄被用于准备第一道菜和第二道菜, 以及沙拉和甜点的准备。在许多国家, 番茄以新鲜的形式被用于饮食中。浓缩番茄制品在烹饪中有广泛的应用—番茄酱、番茄沙司和番茄辣椒酱。这些产品的质量直接取决于原材料、生产方法和工艺。

然而, 鉴于一些情况, 浓缩番茄产品并不总是符合质量和安全要求。

中国对食品的质量和安全管理水平很高。中国政府一直致力于保障食品安全, 保障人民的身体健康和生命安全。各级政府开展监测、协调和监督, 严格控制食品生产过程中从原材料、操作过程到设备的卫生处理等各个阶段, 关注包装材料以及成品食品的销售环节^[1]。

中国政府鼓励和支持开展食品安全相关的基础研究和应用研究, 鼓励和支持食品生产经营者提高食品安全水平^[1]。考虑到这一点, 我们进行了基础和應用研究, 以提高浓缩番茄产品的质量。



湖南人文科技学院(HUHST)(中国)成立于1978年，是经教育部批准的一所综合性公立大学。2018年被评为湖南省“双一流”高水平应用型大学。学校是硕士学位授权点单位，设有14个学院，53个本科专业，涵盖从艺术、人文到科学、工学、教育、经济、管理和农学等学科门类。

河南科技学院(HIST)(中国)是一所实力雄厚的省级高校。河南科技学院始建于1939年。学校设有23个学院，70个本科专业，涵盖农、工、教、管、文、理、经、法、艺9大学科门类。2002年，食品学院成立。学院设有食品科学与工程、食品质量与安全、烹饪与营养教育、旅游管理四个本科专业。食品科学与工程为国家级特色专业，食品质量与安全、烹饪与营养教育为省级特色专业。



乌克兰苏梅国立农业大学是一所具有四级认证的高等教育机构；它是乌克兰最好的农业大学之一。苏梅国立农业大学成立于1977年；苏梅国立农业大学培养了高素质的农业专业人才，大学结构包括8个系，1个研究所和5个学院。



作者感谢各大学的管理人员在进行研究时给予的协助。

Igor Mazurenko

伊戈尔·马祖连科
技术科学博士，教授，乌克兰高等教育学院院士

Yunbo Li

李云波
博士学位，副教授

Shao Zhengzhong

邵铮铮
博士学位

M.N. Zolotarev

诺曼
博士学位，助理教授

I 分析性审查，进行研究的依据

在做研究之前，我们这些来自不同国家的作者——中国、巴基斯坦、乌克兰——对浓缩番茄制品——浓缩番茄酱、辣酱、番茄沙司——起源的历史时刻很感兴趣。我们想分享这些材料。

最早开始吃西红柿并把它们做成番茄酱的人是南美洲的土著居民。居住在墨西哥和秘鲁地区的人们（阿兹特克人、印加人、印第安人）的语言中，这种植物被称为“tomatl”——“大浆果”、“秘鲁金苹果”。因此得名“番茄”。根据考古资料，早在公元前五世纪，玻利维亚、秘鲁、智利和厄瓜多尔的居民就已经知道番茄了。在秘鲁、加拉帕戈斯群岛和其他地方，仍然可以找到这种植物的野生和未养殖形式。在南美洲，番茄生长为草本植物、灌木，甚至高达5米的乔木。

南美洲的印第安人不仅生吃西红柿，而且还用它们制作番茄汁和番茄酱。据推测，制作番茄酱的工艺是这样的：先把西红柿磨成浆状，然后铺成薄薄的一层，在太阳下晒干，然后再研磨。这种制备方法可以去掉番茄酱中多余的水分。现代番茄酱的制备和储存技术已经取得了长足的进步，制造商提供了各种类型的番茄酱（热压和冷压），但成熟番茄的香气使菜肴具有独特的味道，已经存在了一千多年。

关于番茄酱有趣的历史事实。**ketchup** 这个词最初在中国潮湿的沿海地区福建省的方言中是“鱼露”的意思。

第一种番茄酱不是用西红柿做的，而是用鱼做的。它们是在福建省供应的，配上自制的红米酒，这是福建省的特产。红米酒的历史与番茄酱的历史交织在一起，但几个世纪以来，葡萄酒基本保持不变，

而番茄酱却发生了重大变化。

故事要从500多年前说起，当时位于中国南海沿岸的福建省是中国繁忙的航海中心。

鱼露开始在越南语中被称为 *nuoc mam*，在泰国语中被称为 *nam pla*，但中国水手称它为 *ke-tchup*，即闽南语（福建南部和台湾的语言）中的“罐装鱼露”。

来自福建的移民把 *kechap* 带到了印度尼西亚、马来西亚和菲律宾；这个词甚至被印度尼西亚人采用（今天的印尼语 *kechap* 在印尼语中就是“酱”的意思）。来自福建的移民还带来了发酵红米，他们的厨师长期以来一直用这种调料给炖菜调味。中国厨师开始把红米变成亚力酒，这是朗姆酒的早期祖先。该工艺是通过将发酵大米与糖蜜和棕榈酒一起蒸馏而成的。中国在爪哇和苏门答腊建立了生产鱼露和亚力酒的工厂。

这些亚洲进口产品的高成本很快导致食谱出现在英国和美国的食谱中，供试图自己制作番茄酱的厨师使用。

直到19世纪，人们才开始在番茄酱中加入西红柿，这可能是英国的第一次，鲱鱼仍然出现在1817年的第一批食谱中，这表明它起源于鱼露。

到19世纪50年代中期，鲱鱼的使用被放弃了，直到1890年，对更好的罐头食品的需求（以及美国人对甜食的承诺）促使亨氏等商业番茄酱生产商大幅增加番茄酱的含糖量，从而创造了现代糖醋产品。

国酱的中国起源不仅仅是一个有趣的烹饪琐事。番茄酱的历史为世界经济史提供了一个新的视角。事实上，当英国水手将番茄酱带到英国时，无论从生活水平、预期寿命、人均收入、军事实力等各方面来看，中国都是世界上最富裕的国家，并生产了世界上大部分的国民生产总值。中国对亚洲内部贸易的控制，加上其卓越的制造技术（纺织品、服装、陶瓷，当然还有发酵），意味着中国在工业革命之前一直主导着全球经济。

番茄酱的历史——从中国和东南亚的发酵鱼露到英国和美国的甜辣酱——是全球化的历史 and 世界超级大国几个世纪以来经济统治的历史。

这些历史事实让你想起一些人每天食用的美味番茄酱，也让你想起中国在上个千年的大部分时间里在全球经济中的主导地位。

番茄及浓缩番茄制品的特性

浓缩是一个过程，其本质是通过蒸发、冷冻、超滤（反渗透）去除水分来提高溶解物质的浓度。

经过浓缩处理的食品是一个复杂的系统，其中除了糖、有机酸、无机盐等物质在水中的真实溶液外，还含有不同分散程度的悬浮颗粒。

在浓缩过程中，水的去除伴随着复杂的物理化学变化。在浓缩过程中，产品的密度和粘度增加。在术语作用的影响下，发生蛋白质凝固、复杂有机化合物的一些水解，以及化合物的反应——类黑素的形成、焦糖化和许多其他反应。

因此，在浓缩过程中，产品的基本性质不断变化。所以，浓缩方式和浓缩条件的选择是建立食品浓缩工艺流程和设备的最重要、必要的研究。

浓缩番茄产品是需求增加的产品，因为它们不仅被消费者使用，而且还被制造商用于生产其他类型的产品（酱汁、番茄酱、饮料等）。浓缩番茄制品的需求量很大，并被用于不同国家的烹饪菜肴中——中国、欧盟、美国、东部国家和乌克兰。

制造商主要生产可溶性固体质量分数为12%至30%的浓缩番茄制品，而值得注意的是，也有制造商生产可溶性固体质量分数为11%至45%的浓缩番茄制品。

通常，番茄酱被包装在不同类型的玻璃和金属容器中，玻璃容器的容量从0.2 dm³ 到1.0 dm³，锡容器的容量为0.5 dm³，3.0 dm³，8.0 dm³，以及带有聚乙烯沉积物的桶中，而从8%到10%的食盐被用作防腐剂。同时，番茄酱被装入容量高达10,000 公斤的大容器中，用于生产其他类型食品的后续加工。由于消费者需求的增加，浓缩番茄产品的包装成“Tetra - Pack”、“Tetra - Brik”，容量从0.2 dm³到0.5 dm³，以及类似容量的玻璃和金属容器。容量高达200 公斤的带密封阀的无菌袋广泛用于包装。这使得可以最大限度地减少运输过程中的损失，销售大批量的番茄酱，而这在使用大型固定容器时是不可能的。

番茄制品产量的增长受到缺乏满足浓缩番茄制品生产要求的番茄种子品种的限制。对于进入生产的番茄的加工，需要不断改进加工

的方法和工艺方法。

番茄是茄科植物的代表，是几乎所有国家都种植的主要蔬菜作物之一。番茄在食品和加工业的加工量中占据领先地位。

番茄作为食品的营养价值和口感特点是由其化学成分决定的。新鲜番茄和由其获得的浓缩番茄产品的特征在于存在碳水化合物、维生素、有机酸、含氮和矿物质，尤其是微量元素。

番茄种植量的增加主要是由种植机械化收获品种的番茄提供的。向工业化种植技术的过渡使农业工作全面机械化成为可能，产量提高25%以上，并尽可能地去除了已种植的产品。然而，在选择种植机械化收获番茄的品种时，主要标准是产量、果实的生理特性、收获过程中对机械应力的抗性[2 - 4]。

机械化收获品种番茄的生理特性在加工过程中，特别是浓缩过程中会产生负面影响。纤维含量的增加使番茄抵抗机械应力，从而导致番茄块粘度的增加[5]，从而导致番茄内部温度、热容量和热导率急剧下降。当浓缩时，效果增强，真空蒸发站从受热面到沸腾溶液的传热系数显著降低[6]。

番茄块粘度的增加由于在加热表面上形成碳沉积物而使真空蒸发站的操作恶化，并对浓缩番茄产品质量的形成产生负面影响。

比较食物成分的指标，番茄作为矿物质、有机酸、纤维素、果胶物质、糖以及最重要的维生素，特别是类胡萝卜素的增加来源脱颖而出[7]。

番茄的化学成分在生长和成熟过程中是动态变化的。番茄的化学

成分受多种因素的影响：品种、成熟度、收获时间、气候条件、土壤成分的区域特征、栽培和储存方法。番茄中的水分含量占主导地位，它确保了组织的弹性，细胞中的水解和氧化过程。番茄的水分活度指数平均为0.91，因此这类原料易腐烂，需要一定的运输、储存和加工条件[8]。据了解，机械化收获品种“丽春”、“济南粉红”、“瑞星大宝”、“Early”、“Kievsky”、“Gloria”、“Torch”、“Birun-itsa”的番茄中可溶性固体含量在4.0%至8.0%之间。

考虑到番茄的可溶性干物质是其工业加工中质量最重要的指标，特别是在浓缩番茄产品的生产中，育种者通过向土壤中引入复合肥料以及在开花时用特殊溶液处理番茄植株，实现了可溶性干物质质量分数的增加。

番茄果实干物质的主要部分是碳水化合物，在很大程度上以单糖——葡萄糖和果糖为代表。番茄的总糖含量在2.7%到4.5%之间，果实中葡萄糖的积累水平是果糖的1.5-2 倍，并且很少或根本没有蔗糖。番茄果实中的淀粉含量较低，在0.05 ~ 0.28%之间。

近年来，科学家们非常关注植物细胞壁生物聚合物的复合物，包括半纤维素、纤维素、果胶物质、木质素。它们在人的合理营养中占有重要的地位，被称为“膳食纤维”。

机械化收获品种番茄纤维含量高达1.26%，半纤维素含量为0.1 ~ 0.21%，果胶物质含量为0.13% ~ 0.38%。

番茄膳食纤维在果实结构的形成以及浓缩番茄制品的稠度中起着重要作用，这影响着番茄块加工工艺方法的选择。

研究表明，番茄中果胶物质的含量是动态变化的，不仅取决于品种特性，还取决于果实成熟度。果胶物质积聚在细胞壁、中间板中，也部分溶解在细胞液中。

根据世界育种家的研究结果，果胶物质在发育的第一阶段积累。在成熟过程中，原果胶转化为可溶性果胶，导致果实组织软化。这种转化具有生物化学性质，是由番茄果实中存在的果胶酶的作用引起的：原果胶酶、果胶酯酶和多聚半乳糖醛酸酶。专家们已经建立了番茄中果胶酶的活性和原果胶含量之间的反比关系。因此，成熟过程中多聚半乳糖醛酸酶活性的增加导致果实中果胶物质的质量分数降低约1.5-2 倍。

番茄加工过程中果胶物质的损失取决于原料的质量、粉碎物的储存时间、温度和热过程的持续时间。从加工前储存不超过6 小时的番茄中可以获得高质量的浓缩番茄产品。对原料和成品的研究表明，番茄酱中的果胶物质含量明显低于原料。番茄酱中可溶性固体的含量增加5 倍以上（由于水分蒸发），果胶物质的含量仅增加1.5 倍。

氧化还原酶与水解酶一起在番茄果实的形成和成熟过程中起着重要作用。在加工过程中加热时，番茄中存在的所有酶都会失活。

纤维构成了番茄浆细胞壁的大部分。机器采收品种的番茄纤维质量分数几乎是人工采收品种的1.5 ~ 2 倍，范围为0.65 ~ 1.26%[9, 10]。

番茄在技术成熟阶段达到最高的营养价值。确定原料的质量，除了符合规范性文件的要求外，还需要采用客观的表达分析方法，确定以下指标：折光仪测定干物质，光密度测定颜色，果肉与果汁的比值

(单位%)，可溶性和不溶性固体的比例，维生素 C 的量。

浓缩番茄制品生产中的一个重要指标是可溶性和不溶性固体比例 (S/I)。果肉和所有未被利用的废物——种子、果皮、维管纤维——的总和是不溶性物质—— (I) 番茄。

对于浓缩番茄制品的生产，必须使用具有高固体含量和低不溶性物质含量的番茄品种，可溶性与不溶性物质的比值 (S/I) 反映了其用于生产番茄酱的可能性。经研究发现，对于不同品种的番茄，可溶性与不溶性物质的比例在2~5个单位之间。比值 (S/I) 越高，浪费越少，因此，有价值的可溶性物质的损失也就越少，这有助于提高成品的质量和产量。

对于浓缩番茄制品的生产，干可溶性物质含量至少为5%，可溶性和不可溶性物质之比 (S/I) 至少为6.5个单位，并具有较高的感官等级的品种是最合适的[11,12]。

根据一些科学家的说法，番茄中含氮物质的含量很少，约为 (x 6.25) - 0.55 - 1.1%，以蛋白质及其转化产物为代表。果肉含有游离和结合的氨基酸：苏氨酸、甘氨酸、丝氨酸、丙氨酸、脯氨酸、酪氨酸、组氨酸、缬氨酸、天冬氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、精氨酸、蛋氨酸、半胱氨酸[13-16]。

番茄果实中所含的有机酸以柠檬酸、苹果酸为代表，酒石酸、琥珀酸、草酸和乳酸含量不高。柠檬酸和苹果酸占主导地位。柠檬酸的质量分数在成熟过程中增加。过熟番茄中琥珀酸含量增加，柠檬酸和苹果酸含量减少。机械化收获品种番茄的柠檬酸总酸度在0.3~0.5%

之间[17-19]。

在番茄果实中发现了碳水化合物异化过程中Krebs循环中几乎所有有机酸的痕迹。番茄及其加工产品是各种生物效应有机酸的唯一来源——维生素(L-抗坏血酸)、腐败微生物群的酸拮抗剂(柠檬酸等)，有助于将铁纳入血红蛋白并消除缺铁性贫血(苹果酸)，涉及身体几乎所有器官和系统的功能。L-抗坏血酸是所有代谢类型的一个组成部分，有助于番茄和浓缩番茄制品的感官特性的形成及其生物学价值。

生物分子，作为人类细胞特定功能的合成或破坏的结果，被称为生物活性物质 (BAS) [20]。据科学家研究[21,22]，能够对人体产生微量有益生理作用的物质属于 (BAS) 食品。这些物质包括维生素和类维生素化合物、一些微量元素、酶、磷脂、一些着色物质。番茄及番茄制品在人体营养中充当着丰富的微量元素、维生素、类维生素物质的来源，包括类胡萝卜素、果胶等膳食纤维。矿物质在机体的生化反应中充当辅酶，参与氧化还原过程，合成蛋白质、碳水化合物、有机酸。值得注意的是，番茄富含钾，钾被用于食疗[23,24]。

微量元素的特征是一组特定的化学元素，它们在体内的含量为 $10^{-3} \dots 10^{-12}\%$ [25]。其中，有15种是必不可少的：铁；碘；铜；锌；钴；铬；钼；镍；钒；硒；锰；砷；氟；锂。一组潜在的至关重要的：锡；镉；铅；铷。许多科学家认为，对于人体的代谢过程，发挥结构、催化、调节等功能，至少需要这样的微量元素：铁；铜；锌；锰；碘；铬；硒；钼；钴[26,27]。番茄无论量多还是量少都含有所有必需的微量元素[28]。

番茄的总灰分含量按原料重量计为0.4 ~ 0.8%。矿物质含量 (mg/100g)：钾—290...340、钠—35...45、镁—16...32、磷—21...33、钙—12...18、铁—0.7...0.11。

浓缩番茄制品的生产工艺与热处理有关，热处理对成品的营养价值和品质有重要影响。已经确定在浓缩过程中维生素 C 的损失高达 20%。

研究数据显示，在 (-2) °C 的温度下储存 9 个月后，维生素 C 的损失率为 14.6%，而在 37°C 的温度下，维生素 C 的损失率为 79.7% [29]。

在一些出版物中，作者特别关注番茄制品的稠度，以及影响稠度的因素的研究。稠度被认为是主要的质量因素 [17,30,31]。评价稠度最合适的指标是粘度 [32]。粘度指数取决于浓缩番茄制品的化学成分和物理结构。

在可溶性固体含量相同的情况下，浓缩番茄制品的稠度会因果胶物质的质量和数量、果胶醇溶固体的含量而发生变化。在可溶性干物质含量为 30% 的番茄酱中，其平均百分比含量为：还原糖 17 m/g 到 19 m/g；纤维 (番茄酱来自手工采摘品种的番茄) 从 1 m/g 到 1.5 m/g，(番茄酱来自机械化采摘品种的番茄) 从 1.8 m/g 到 25.7 m/g；在 pH 不超过 4.4 的情况下，总酸度 (以苹果酸计) 为 2.5 m/g 至 3.5 m/g；番茄酱的灰分含量为 3.2 到 3.4 [33]。同时，番茄酱中含有 (mg/100g)：钾-800；钠-200；钙-78；镁-2.3；铁-2.3；磷-68；铜-3.9；碘 (mg/100g) -1800 [34,35]。维生素含量 (mg/100g) 如下：胡萝卜素从 2.0 到 4.0；维生素 C 从 25 到 60；维生素 B₁ 从 0.02 到 0.07；维生素 B₂ 到 0.03；维

生素 PP 从 0.3 到 0.9。

浓缩番茄产品质量的主要指标之一是颜色。在浓缩和高温暴露过程中，可溶性固体浓度的增加会导致类黑素 (糖和氨基酸反应的深色产物) 积累的形成，导致番茄制品的味道变暗和变质 [36]。类黑素形成过程的强度取决于产物中氢离子的浓度、温度、热处理时间、糖和含氮物质的含量，以及干物质的总浓度。

值得注意的是，目前选用的番茄品种的特点是果肉含量增加，其中包括不溶性干物质 (纤维、原胶素、戊聚糖、木质素)，这使设备的热学和物理性能恶化，减少了真空蒸发装置连续运行的时间 (由于碳沉积的形成)，增加了清洗设备受热面的时间和复杂性。同时也增加了浓缩过程的持续时间，从而导致成品质量的恶化 [37-47]。

番茄生物活性物质在健康营养和疾病预防中的作用

营养结构的不平衡对国民的健康产生不利影响，并对人口的安全构成真正的威胁，影响到几乎所有的科学和医疗保健部门。

根据 A.M. Ugolev 院士和其他一些科学家 [48] 的说法，上世纪末创立的经典均衡营养理论包含了一些极其严重的错误：食物成分的丰富、压载物质的去除、精炼等都促进了文明疾病的传播和发展，如心肌梗死、心血管和胃肠道疾病、糖尿病等。

当前人类健康状况恶化的趋势导致了营养充足理论的改进和发展，根据这一理论，微量营养素——维生素和重要矿物质——在维持人类健康、效率和积极长寿方面特别重要的营养因素中起着主导作用。

全面定期地向人体提供这些物质是非常重要的[49,50]。

众所周知，蔬菜原料作为一种食品，因其含有L-抗坏血酸、类胡萝卜素、生物类黄酮而特别有价值，而实际上只有它是人体所需这些物质的来源。

从化学成分来看，番茄是类胡萝卜素和抗坏血酸的重要来源。国际化学大会将类胡萝卜素定义为脂肪族性质的黄色或红色色素。从结构上看，这些物质为黄色无氮色素，分为碳氢化合物和含氧衍生物。前者包括开链化合物-非环状（番茄红素）和环状（胡萝卜素）。含氧衍生物根据性质分为氧基团衍生物、羟基衍生物、环氧衍生物和酮类衍生物[53]。

类胡萝卜素属于四萜类，它们由含有几个共轭双键的长烃链组成，在一端或两端结束，呈环状结构，即内环[51 - 53]。在所有类胡萝卜素中，一长链共轭双键形成了一个发色团，并使它们被归因于天然色素[54,55]。

番茄中所含的主要类胡萝卜素是番茄红素，其含量因品种而异，从每100克1.3毫克到13.2毫克不等[56,57]。此外，它们还含有叶黄素和叶黄素酯。在某些品种的番茄中，类胡萝卜素的总含量约为每100克6.0毫克。“Torch”、“Jubilee”、“济南粉红”和“瑞星大宝”等品种番茄的类胡萝卜素组成见表 1.1。

表 1.1

番茄中的类胡萝卜素复合物

类胡萝卜素	含量等级, mg/ 100g			
	Torch	Jubilee	Jinanfenhong 济南粉红	Ruixingdabao 瑞星大宝
番茄红素	4.38±0.670	0.51±0.130	0.49±0.120	5.48±0.660
β-胡萝卜素	0.14±0.020	0.10±0.050	0.11±0.057	0.15±0.024
ξ-胡萝卜素	0.03±0.004	1.21±0.080	1.24±0.090	0.02±0.007
γ-胡萝卜素	0.18±0.070	0.43±0.030	0.44±0.050	0.19±0.060
苯妥英	1.34±0.160	3.85±0.620	3.89±0.710	1.31±0.150
六氢番茄红素	0.22±0.010	0.89±0.620	0.25±0.040	0.87±0.680

番茄红素含量高的特点不仅使果实呈鲜红色，而且有助于吸收大量的紫外线辐射，从而引发氧自由基的形成。根据科学家的研究[58]，显示出比β-胡萝卜素更强的抗氧化活性。

直到最近，β-胡萝卜素及其类似物（α-、γ-胡萝卜素、番茄红素、角黄素、叶黄素等）的生物学价值被认为与这些化合物作为人体内维生素 A 的番茄红素前体的能力有关。

近年来肿瘤学家的研究[61]表明，胡萝卜素和番茄红素在保护植物细胞免受氧化应激的生理抗氧化系统组分质量中发挥着重要的独立作用。类胡萝卜素具有保护人体免受诱变和致癌环境因素影响的独特特性。

类胡萝卜素的抗氧化活性与其分子中存在的链脂肪族基团有关，这些基团具有大量不饱和双键，能够与活性氧形式相互作用，与重金属离子形成不溶性络合物，猝灭自由基的作用，作为抗肿瘤免疫的调

节剂[59]。

在呼吸和脂质过氧化过程中形成的活性氧是致癌的诱因。

类胡萝卜素，特别是番茄红素、 α -、 β -、 γ -胡萝卜素，具有不经任何化学转化就能熄灭活性氧的能力。在这种情况下，单线态(活性)氧进入基态而不会破坏周围的生物系统。

合成或微生物获得的维生素 A 和其他视黄醇也能灭单氧，并能破坏自由基氧化链，但与植物来源的天然类胡萝卜素不同，它们会沉淀在肝脏中，对人体具有高毒性[62,63]。

类胡萝卜素具有生物活性，是天然着色物质，在代谢过程中与抗坏血酸转化相互关联[60,64,65]。从文献中得知，抗坏血酸能够限制脂质过氧化，即表现出抗氧化作用。正因如此，抗坏血酸已被应用于治疗多种疾病（冠心病、牙周病、动脉粥样硬化），并能在恢复期起到恢复性作用[21]，也有医学建议日常使用抗坏血酸来预防各种疾病。与此同时，研究发现，人体抗感染抵抗力的下降和感染发生率的增加是饮食中维生素 C 含量不足的结果[66]。

因此，番茄含有不可替代的化学成分，并具有治疗和预防的特性，对人体没有副作用。

鉴于所述的人口营养问题，预防疾病在于在技术加工过程中最大限度地保存天然生物活性物质。

番茄含有维生素，其在人体内的生物效应表现为辅酶的形式，参与免疫，身体的发育和生长，实现更高的神经活动[67]。

番茄含有大量的类胡萝卜素，这使它们具有天然的颜色。在所有

种类天然色素中，类胡萝卜素是最常见的，也是生物功能最重要的化合物之一。文献中介绍了 58 种类胡萝卜素的配方和性质。它们由 8 个 C_5 -异戊二烯片段组成一条链。类胡萝卜素被分类为具有开链的无环化合物（例如，番茄红素），其分子式中含有一个或两个二烯环形式的环。根据其化学结构，它们分为无氧（多烯色素）和氧化-叶黄素[52,59]。

类胡萝卜素和维生素 A 之间的生物学关系是由于类胡萝卜素在人类饮食中的不可替代性。根据化学结构， β -胡萝卜素的活性是 α -和 γ -形式的两倍[59]。

番茄中类胡萝卜素的含量(以每 100 克原料毫克计)为 5.6 ... 8.1，其中 β -胡萝卜素（维生素 A 原）- 0.4 ... 1.3；番茄红素- 0.4 ... 4.4。

许多研究者研究了类胡萝卜素的形式及其在食品技术中的应用[34,35,37]。大量的科学论文致力于研究抗坏血酸。体内几乎所有的氧化还原反应都有它的参与。现代科学家认为它是维持对压力的抵抗力的一个因素，是促进组织再生和愈合的营养成分，提供机体的免疫力和体内平衡[68,69]。

番茄果实是维生素 C 的来源，其含量 (mg / 100 g) 为 12 ... 40，维生素 B₁ - 0.08 ... 0.15；B₂ - 0.05 ... 0.06；PP - 0.47 ... 0.50；叶酸- 0.4 ... 1.1；泛酸- 3.0 ... 4.0；维生素 K - 0.4 ... 0.8 [70,71,72]。

随着工业化、化学化、农工综合体中化肥的引入，在原料的工艺加工过程中保存具有生物活性的天然抗氧化剂是科学研究的重要和必要方向。

浓缩前番茄块的制备方法分析

番茄块浓缩过程受制备的番茄块的质量影响。番茄块是一个复杂的物理化学体系，其主要特征是明显的多分散性和大量亲水性果胶物质的存在。这两个因素都对悬浮番茄浆颗粒的沉降和浓缩过程中番茄块的对流有很大的影响。通过降低粘度和增加番茄浆颗粒的分散程度，可以加速浓缩过程。

番茄块中果肉的含量及其分散程度影响浓缩过程，浓缩过程的持续时间决定了成品的营养价值和品质。因此，特别是从接收机械化收获品种的番茄进行加工的那一刻起，人们就非常关注准备番茄料进行浓缩的过程[71,73,74,75]。

机械化收获品种番茄加工的复杂性与番茄的结构力学和理化性质有关。这导致需要修改现有的工艺技术、流程和参数。

机械化收割番茄的技术包括一次性清洗。清洗后的桩质量不均匀。它含有不同程度的成熟和损坏的水果，蔬菜和泥土杂质。这样的番茄不易擦拭，含有大量的纤维，产生更多的废物，在浓缩过程中消耗，因此成品的感官特性急剧下降。

科学家已经开发出一种所谓的“标准化”番茄块的方法，使用安装在罐头工厂的大规模生产设备，从机械化收获品种的番茄中获得番茄块，减少其中不溶性固体的含量。该方法是将新鲜番茄粉碎，分离种子，通过孔径5.0 mm 的筛子粗搓，加热至 $(75 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，通过筛子擦拭（孔径3.0 mm；1.2 mm；0.4 mm）；而番茄块产率为80%~88%。废物在螺旋蒸汽机中以蒸汽接触的方式在 $(96 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的

温度下煮沸3-5分钟。然后在排水孔上分离液相汁，其余的块被送到螺旋压榨机，在那里分离其余的液相汁。排压后形成的液相通过孔径为0.4 mm 的筛子完成，与前期完成的番茄块连接并进料浓缩。因此，番茄块的“标准化”方法需要额外的设备（蒸笼、排水器、压榨机、精加工机、预制容器），这大大增加了获得浓缩番茄产品的成本。

由于在进入浓缩的番茄块中，可溶性固体质量分数与不溶性固体质量分数的比值（S/I）应至少为6.5，因此建议该指标小于6.5 的番茄块用于生产番茄酱。

在制备浓缩番茄原料时，对原料进行预热尤为重要，其目的是使果胶酶和氧化还原酶以及微生物失活。

预热番茄有两种方法：“热”（“hot - bgeak”）和“冷”（“cold - bgeak”）[76,77]。

“Cold - break”-方法如下：将番茄在常温下压碎，然后将果肉放在收集器中暴露几分钟。陈化时间很重要，因为在碾碎番茄的过程中释放的酶会影响果胶物质，并将其分解。果胶的分裂程度是破碎后收集中保持时间的函数，对果汁粘度的变化有很大的影响。

用“Hot - bgeak”，番茄在碾碎之前或之后立即加热。这种方法的目的是尽快使酶失活，并最大限度地保存番茄中的果胶物质，果胶物质影响果汁的粘度。同时，将粉碎后的番茄放入大容量罐中，罐内温度保持在 90°C ，将粉碎后的番茄与大量加热到 90°C 的番茄块混合，实现番茄瞬间加热[78]。

预热温度对果汁和浓缩液的颜色有显著影响。如果果实处于不完

全成熟阶段，则预热温度应降低，以避免番茄酱变暗。预热过程对番茄汁和番茄酱的稠度影响最大。采用“Hot - bgeak”，果胶物质不会分裂，其含量取决于预热温度[79]。

预热过程应考虑到原材料的性质，以及成品的性质和类型[80,81]。在不完全成熟的果实中，大部分果胶物质以原胶素的形式存在。当番茄被压碎时，酶被释放，可溶性果胶物质被分解，结果是质量的粘度增加。从果胶物质含量增加的原料中得到的番茄块，在加热前应在接收料中保存较长时间，以获得低粘度的番茄块，并有利于其浓缩。由于设定的时间和温度的选择，可以调节熟浆中果胶物质的含量，这对番茄浆的粘度、蒸发过程中的流变性能和稠度有显著影响[24,82]。

从含有较多纤维素和果胶物质的原料中，通过选择合适的加工温度，可以得到果胶物质含量降低的番茄块，这有利于浓缩过程。

番茄浆的破碎程度对浓缩过程有显著影响。随着果肉颗粒分散程度的增加，物质的流动性增加，加剧了水分的蒸发过程，从而阻止了碳沉积的形成[84]。

作为最优擦拭方案，提出了两阶段方案[37]，其中第一阶段擦拭机筛孔直径为2.0-3.0 mm，第二阶段擦拭机筛孔直径为0.5-0.35 mm。同时发现，擦拭方案和被擦拭物料的温度对果肉的分散成分没有明显的影响，最后擦拭机或精加工机筛孔直径的减小导致分散成分的显著改善。

在粉碎和擦拭番茄的过程中，产品会发生强烈的曝气，这对维生素尤其是维生素 C 的保存产生不利影响。为了减少番茄块的曝气，

这些过程应在真空条件下进行。

由于进入浓缩番茄制品生产的番茄品种和理化参数繁多，为了提高其效率、效益和提高成品质量，有必要对工艺参数进行调整。

浓缩番茄块的方法

在浓缩番茄酱的生产中，主要的工序是浓缩。传统上，番茄块的浓缩是通过热浓缩法进行的[86]。冷冻、水合结晶、电渗析等浓缩方法尚未使用[87]。工业上对番茄块的浓缩主要采用单级蒸发器和多级蒸发器，由于采用多级蒸发器，具有高效能的特点。

在工业中，最普遍的是多体蒸发装置，其主要元件是管状循环回路。这种设备的缺点是维护复杂，因为管道中会形成积炭，必须不断清除[88]。在蒸发器的设计中，为了改善循环条件，实现最有效的传热，采用水平或倾斜放置强制循环管，蒸发器采用外受热面。

膜技术是一种很有前途的非均相系统浓缩方法，它使一些工厂原料处理技术方案在质量上达到新的技术和环境水平成为可能。与传统方法相比，膜技术的使用可以几乎完全节省浓缩产品中原料的生物活性成分，并显著减少蒸汽和水的损失。微超滤法浓缩果肉的成分相对于番茄制品单级浓缩工艺的成本为0.003-0.17% [89]。

研究发现，当采用两级膜方案时，浓缩番茄块中生物活性成分的含量是热浓缩法所得产品的两倍[47,90,91,92]。

文献资料表明，利用膜技术生产高浓度番茄制品是不合理的，因为随着可溶性固体质量分数的增加，生产效率急剧下降。膜技术与热

浓缩法结合使用是最经济的[70,92,93]。采用番茄块单级膜浓缩是无效的，因为膜的生产率低，因为块中含有大量的果肉，这使得过程和随后的膜再生变得复杂[36,95]。

许多科学家提出了一种加工番茄的技术，即把新鲜的番茄碾碎到平均1 毫米的大小，最大限度地破坏原料的细胞和果汁。精细研磨是利用果肉内摩擦粉碎和破坏植物细胞，逐步分离液相，混合和摩擦果肉，从中分离果皮，种子，纤维和纤维颗粒等过程相结合的结果。这些过程无需热处理即可在30 秒的短时间内完成。用这种方法得到的番茄半成品，送入真空蒸发装置浓缩，在60 ~ 70℃的温度下进行。作者开发并制造了一种配备粉碎和擦拭装置的小型机器。这些研究既有积极的一面，也有不利的一面。

因此，主要的浓缩方法是热浓缩。大多数情况下，各种设计的真空蒸发器用于浓缩，它有许多缺点，包括显著的能源消耗。有必要改进浓缩方法，在保持产品高质量的前提下，降低工艺的能量强度和持续时间。

开展浓缩番茄块递进方法的开发研究是有意义的。

浓缩番茄制品的保存方法

罐装的目的是获得一种可以长期储存而质量不会发生显著变化的产品。有几种保存浓缩番茄制品的方法，但其中任何一种方法都需要创造条件，使微生物的作用完全停止或显著减慢。

通过热暴露保存浓缩番茄制品的最广泛使用的方法是在无菌条

件下在流中进行灭菌并随后包装，通过“热灌装”方法灭菌，在高压灭菌器中对灌装和加盖的罐头进行灭菌，在浸泡或冲洗巴氏灭菌器中进行巴氏灭菌，以及使用防腐剂[95- 101]。

热暴露是在无菌条件下，根据在物理因素影响下终止微生物的生命活动和生命过程的原理进行的短期高温灭菌。化学防腐剂的保存是基于在外部引入的化学物质的影响下抑制微生物的重要活性[102, 103]。

化学防腐剂的使用使缩短生产过程和降低能源成本成为可能。然而，当它们在浓缩番茄产品中使用一段时间后，干物质含量就会降低——这是由于酵母在产品中可能发育的事实。此外，使用化学防腐剂保存的产品在生产其他类型产品时也会受到限制，并且由于感官和理化参数的变化，保质期较短[85, 104]。

在控制的储存条件下（温度不高于15℃），在85℃至90℃的温度下，在加盐的容器中保存浓缩番茄酱并进行后续包装的技术是已知的。由于其中可能滋生霉菌和酵母菌，以这种方式罐装的产品储存时间是有限的[47]。

一种常用的保存浓缩番茄酱的方法是热灌装而无需后续灭菌 [105-107]。为此，使用容量为3.0 dm³ 至10.0 dm³ 的玻璃容器和容量为3.0 dm³ 至9.0 dm³ 的锡容器。包装前，产品在 96℃下加热10-12分钟。包装和封盖后，用水冷却至温度不超过40℃。缓慢冷却装有产品的罐头是不可取的，因为与此同时，罐中心的番茄酱被冷却了很长时间，这会导致番茄酱变暗并且味道变差。将浓缩番茄酱热灌装到锡

罐中的方法的缺点是由于热产品上方的蒸汽凝结而在罐中形成真空，从而可能导致罐体严重变形[12,72, 108]。科学家提出引入酸性碳酸钠 NaHCO_3 来防止变形。

最先进的热灭菌方法是无菌罐装。该方法包括在高温（从120℃到130℃）流中对浓缩番茄酱进行120秒的短期热处理，然后立即冷却到35℃的温度，并在无菌条件下将其包装在预消毒的容器中。所有这些条件都在一个封闭互联的设备中自动实现。采用无菌罐装，灭菌时间缩短约50倍，产品质量提高，节约能源。与罐装食品的罐装灭菌不同，在高温条件下对产品进行短期灭菌，并在包装前进行同样的快速冷却，可以获得高质量的浓缩番茄酱，这种番茄酱在感官特性、营养和生物学价值方面与未灭菌的番茄酱几乎没有区别。浓缩番茄酱无菌罐装技术的改进遵循无菌罐装原理，采用容量从0.5 dm³到1.4 m³的软容器（带密封阀的多层袋）。

无菌法是最可靠的罐装方法之一。它的本质是在排除再感染的条件下，在不同体积的无菌容器中装满无菌产品，从克到几百立方米不等。无菌罐装大大缩短了灭菌时间，提高了产品质量。与传统罐装方法相比，蒸汽、水和电的具体成本显著降低。无菌罐装的方法允许高生产率创造生产流程，机械化和自动化的过程。无菌罐装设备需要高水平的技术和卫生纪律的维护和控制。

无菌罐装的工艺过程包括以下操作：设备的准备，包括安装的检查，其卫生处理；密封性的测定；设备、产品管道和储罐的灭菌；细菌过滤器的组装和安装，前提是使用空气来维持系统中的压力；对产

品进行灭菌和冷却，并装入无菌袋或无菌罐中。工艺过程中应附有产品的微生物控制，设备、管道、管件和无菌袋的卫生和微生物状况，工艺参数的控制。

第一条无菌罐装生产线包括蒸汽接触在线灭菌的设备和设备，在0.3 MPa的压力下使用预纯化蒸汽对产品进行灭菌，真空冷却产品几秒钟，然后包装到大容器中。在124℃的温度下对番茄酱灭菌4分钟，该机组的处理量为1.5吨/小时。容器的设计允许在不违反产品剩余部分的无菌和无菌储存条件的情况下部分卸货和取样。

迄今为止，无菌罐装设备的综合体已经开发和实施，其设计用于：

- 设备、储罐、产品管道的卫生处理、洗涤和蒸汽灭菌；

- 将产品从45 - 50℃加热到125 - 138℃的蒸汽接触式热交换器中的产品进行灭菌；

- 分两个阶段对产品进行冷却：在大气冷却器中从125- 130℃冷却到98℃，然后在真空冷却器中在无菌条件下冷却到35 - 40℃，恢复产品的初始浓度；

- 在无菌条件下用无菌产品填充储罐，并在无菌条件下长期储存。

美国“FAM”公司生产无菌罐装装置，对浓缩番茄酱进行灭菌过程，初始温度至少为60℃，加热至95 - 98℃，最小暴露时间为3至3.5分钟。该过程是通过四个依次安装的热交换器进行的，热交换器的加热表面为“Watator”型。浸泡装置是一种容器，向容器内注入少量蒸汽，以保持番茄酱的灭菌温度。该冷却系统包括温度为30℃的瞬时冷却室。冷却是由于冷凝器和喷射器产生的真空而发生的。装置

上的所有法兰连接都有细菌密封。

来自欧盟国家的公司生产无菌罐装生产线，其中包括由两个圆柱形垂直罐和锥形底部组成的扩散灭菌器。在灭菌过程中，产品通过喷嘴注入罐中成为蒸汽介质。产品分两个阶段冷却。预冷到98℃的温度在一个大气压下运行的喷雾冷却器中进行，随后从98℃冷却到35℃是在一个三极管式冷却器中进行的。

浓缩番茄制品的无菌罐装是一种很有前途的方法。然而，在每个具体情况下实现该方法的硬件方法需要开发基于科学的过程模式。

II 番茄的流变学和理化特性

流变学(来源于希腊单词 *rheos*— 电流，流动和 *logos*—单词，教学)—关于物质变形和流动性的科学。流变学研究与不可逆残余变形有关的过程以及各种粘性和塑性材料的流动、应力松弛现象等。流变学与水文气象学、弹性、塑性和蠕变理论密切相关，它广泛使用粘度计的方法。

流变特性（希腊语单词-*rheo*-泄漏）- 材料（固体、液体或气体）的变形特性，无论它们由哪个亚基（组分）组成。描述介质变形行为的主要变量（在实验中测量或从计算中获得）是变形和应变率。

食品的特点是具有简单和复杂的性质——化学、物理、工艺、物理生物学等。这些性质的总和决定了它们对人类的有用性。食品的实用性具有营养性、生物性、生理性、能量性、品质性和感官性等特点。

不同工艺对番茄块理化特性的影响

浓缩番茄产品的质量直接取决于进入生产的番茄原料的特性。

在乌克兰，番茄生长在土壤肥沃、气候条件优越的南部地区。中国也有类似的趋势。我们考虑了在新疆、内蒙古和乌克兰南部地区种植的各种品种。

在中国和乌克兰传统种植的大量番茄品种中，它们并不总是满足可制造性的要求，即符合工业栽培的要求，包括浓缩番茄制品的收获和加工。

当从普通批次中选择番茄时，机械化收获后，观察到负面影响。

图 2.1 显示了2023 年收获的番茄。从外观上看，番茄完全符合质量指标。同时，当考虑截面中的番茄时，可见未成熟成分的内含物，以及颜色不稳定。

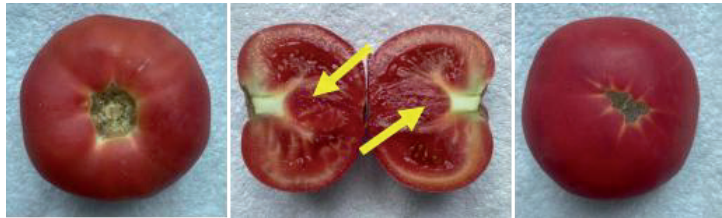


图 2.1 2023 年不同平面的番茄收获

用于加工的番茄必须处于成熟的技术阶段，其最显著的特征是果实的大小、密度、颜色、味道、香气和稠度。

我们对中国和乌克兰传统种植的番茄品种进行了研究。研究结果如表 2.1 所示。

表 2.1

番茄机械化收获品种技术分析

番茄品种	水果形状	着色	重量, g	成熟日期
中国种植的品种				
Tunhe 5501	椭圆形	亮红色	70-80	平均成熟期
Lichun 丽春	圆形平滑	统一红色	65-75	平均成熟期
Jinanfenhong 济南粉红	圆形平滑	统一红色	65-75	早熟期
Ruixingdabao 瑞星大宝	椭圆形	亮红色	55-65	平均成熟期
乌克兰种植的品种				
Lagidny	椭圆形	统一红色	40-65	平均成熟期
Torch	圆形平滑	橙红色	30-50	平均成熟期
Flora	椭圆形	统一红色	45-65	平均成熟期

对于拟用于工业加工的番茄而言，由折射计测定的可溶性固体的质量分数非常重要。在用于生产浓缩番茄制品的番茄中，可溶性固体

的质量分数应大于4.5%，因为单位成品的原材料消耗、人工成本、能源消耗以及真空蒸发装置的性能都依赖于此。

成品的灭菌制度取决于活性酸度指数，因此，建议使用pH 值不超过4.4 的各种体积进行处理。

成品的口感取决于番茄糖酸比。如果糖酸指数在4.0 到7.0 之间，则提供令人愉快的甜酸味。

可溶性固体与不可溶性固体的比例在浓缩番茄制品的生产中非常重要。该指示剂在一定程度上表征了进入浓缩的番茄块的粘度，大量不溶性固体（纤维、纤维素、半纤维素、原果胶）的存在显著增加了浓缩的持续时间，导致灼烧和成品颜色的劣化。可溶性固体和不可溶性固体在番茄泥中的比例在7~10之间时效果最好。

中国和乌克兰传统种植番茄品种的化学和工艺特性。研究结果如表 2.2、2.3、2.3.1 所示。

表 2.2

番茄品种的技术特性

番茄品种	种子%	皮%	未使用的废物, %	pH值
中国种植的品种				
Tunhe 5501	0.8	1.8	4.6	4.10
Lichun 丽春	1.0	1.7	4.8	4.35
Jinanfenhong 济南粉红	2.2	1.5	4.8	4.17
Ruixingdabao 瑞星大宝	2.1	1.6	4.4	4.21
乌克兰种植的品种				
Lagidny	0.5	1.2	3.5	4.20
Torch	0.4	1.4	5.2	4.21
Flora	0.9	0.9	4.7	4.20

浓缩番茄制品生产过程中未使用的废物量在3.5%至5.2%之间。其特征是，该值与中国和乌克兰种植的番茄品种中的值几乎相同。

表 2.3

番茄品种的化学特性

番茄品种	质量分数，%				
	可溶性固体	滴定酸 (基于柠檬酸)	不溶性固体 (IS)	含氮物质	总糖
中国种植的品种					
Lichun 丽春	5.8	0.53	0.96	1.0	4.8
Jinanfenhong 济南粉红	6.1	0.59	0.88	1.5	5.1
Ruixingdabao 瑞星大宝	3.8	0.21	0.96	0.9	2.9
乌克兰种植的品种					
Lagidny	5.6	0.45	0.85	1.1	5.0
Torch	5.0	0.27	0.91	1.5	4.5
Flora	5.0	0.38	1.06	1.3	4.5

表 2.3 所示的研究结果表明，不同品种的番茄在化学特性方面大致处于相同的范围。需要注意的是，可溶性固体的质量分数高，平均为5.5%。番茄具有弹性固体结构。对于存储和显示，这是一个很好的指标。但这会对浓缩过程产生负面影响。在浓缩过程的第一阶段，焦糖化开始。产品质量安全指标将急剧下降。

值得注意的是，我国传统栽培的番茄品种以化学特性较好。

表 2.3.1

番茄品种的化学特性

番茄品种	可溶性与不溶性物质之比 (S/I)	维生素C的质量分数， $\times 10^{-3}\%$	糖酸指数
中国种植的品种			
Lichun 丽春	5.8	20.9	14.3
Jinanfenhong 济南粉红	6.1	37.8	15.1
Ruixingdabao 瑞星大宝	4.8	24.4	10.8

续表 2.3.1

番茄品种	可溶性与不溶性物质之比 (S/I)	维生素C的质量分数， $\times 10^{-3}\%$	糖酸指数
乌克兰种植的品种			
Lagidny	6.6	22.6	11.0
Torch	5.5	28.5	16.0
Flora	4.7	18.4	12.0

维生素 C 质量分数含量高，糖酸指数比值好。所有研究品种的番茄糖酸指数均超过7.0。总体而言，中国和乌克兰传统种植的研究品种番茄符合既定要求。

因此，根据表征番茄适合生产浓缩番茄产品的指标总和，可以认为以下品种的番茄最适合：-丽春；济南粉红；瑞星大宝；Lagidny；Torch；Flora。在上述品种的番茄中，研究了多糖组成对进入浓缩过程的番茄块粘度的影响。

由以上数据可知，在表 2.4 中，番茄浆的主要成分是纤维。在所研究的番茄品种中，其含量占主导地位。

表 2.4

番茄浆的化学成分

番茄品种	质量分数，%				
	半纤维素	纤维素	木质素	果胶物质	
				可溶性形式	不溶性形式
中国种植的品种					
Lichun 丽春	0.6	0.79	0.38	0.2	0.57
Jinanfenhong 济南粉红	0.6	0.76	0.36	0.2	0.51
Ruixingdabao 瑞星大宝	0.6	0.78	0.43	0.2	0.51
乌克兰种植的品种					
Lagidny	0.5	0.83	0.35	0.2	0.55
Torch	0.6	0.76	0.32	0.2	0.56
Flora	0.7	0.92	0.41	0.2	0.48

通过对不同品种番茄浆化学成分研究结果的分析，得出番茄在口感方面符合要求的结论。高纤维含量可防止损坏，从而延长保质期。同时，这些指标对技术绩效产生了负面影响。这类番茄加工难度大，即擦拭、去籽、浓缩等工艺流程。

决定继续研究，研究番茄的可加工性，加工工艺和参数对番茄产品质量的影响。

热过程对生物活性物质破坏的影响

热处理显著影响决定浓缩番茄产品营养价值的成分的破坏。番茄及其加工产品的营养价值和感官特性是由于含有维生素、碳水化合物、有机酸、氮和矿物质，特别是微量元素。

众所周知，番茄最不耐热的成分是维生素、酶和蛋白质。针对番茄化学成分的特殊性和浓缩番茄制品的生产工艺，研究了热处理对番茄抗坏血酸和色素复合物的破坏作用。色素复合物以类胡萝卜素和叶绿素为代表。

为开展研究，开发了一个试验台-实验室装置。安装时，进行了以下技术操作：

- 压碎番茄；
- 将番茄块分离成部分（白色部分、红色部分-果肉）；
- 整个番茄、番茄块、番茄部分（白色部分、红色部分-果肉）的热烫；
- 擦拭番茄块。

研究连续进行：

系列 № 1 -将制备好的番茄清洗、检查、粉碎，并在温度（ $t=75+1^{\circ}\text{C}$ ）下用蒸汽烫漂，在筛子上分阶段擦拭。筛孔直径-（ $\phi=3.0; 1.5; 0.4\text{ mm}$ ）

系列 №2 -清洗并检查准备好的番茄。整个番茄，用蒸汽焯水（ $t=75+1^{\circ}\text{C}$ ）。在筛子上分阶段擦拭。筛孔直径（ $\phi=1.8; 0.4\text{ mm}$ ）

系列 №3 - 清洗并检查准备好的番茄。将番茄压碎，在温度（ $t=75+1^{\circ}\text{C}$ ）下用蒸汽烫漂。在筛子上擦去大块的果肉。筛孔直径（ $\phi=3.0; 1.5\text{ mm}$ ）。从番茄块中分离出一个白色部分，即原浆。

系列 №4 - 清洗并检查准备好的番茄。将番茄压碎，在温度（ $t=75+1^{\circ}\text{C}$ ）下用蒸汽烫漂。在筛子上擦去大块的果肉。筛孔直径为（ $\phi=3.0; 1.5\text{ mm}$ ）。在没有原浆的情况下，从番茄块-果肉中分离出红色部分。

系列 №5 -清洗并检查准备好的番茄。番茄破碎机。筛网的直径为（ $\phi=3.0; 3.5\text{ mm}$ ）。在温度（ $t=85+3^{\circ}\text{C}$ ）的条件下，用蒸汽焯水，在筛子上擦拭。筛孔直径（ $\phi=1.7; 0.5\text{ mm}$ ）。

预处理方法对新鲜番茄浆活性成分影响的研究结果如表 2.5 所示。

表2.5

热处理方法对不稳定组分保存的影响 ($n=3, P\geq 0.95$)

体验系列	抗坏血酸	总类胡萝卜素	β -胡萝卜素
系列 № 1	70.4	83.8	79.1
系列 № 2	78.1	92.2	88.8
系列 № 3	90.6	-	-
系列 № 4	85.3	98.4	97.6
系列 № 5	71.6	64.7	63.1

在不同的原料预处理方法下，番茄浆样品的抗坏血酸含量从

9.4%下降到 28.4%。类胡萝卜素在番茄中的含量变化也有一定的趋势。应注意的是，对总类胡萝卜素和β-胡萝卜素进行的研究与维生素C含量变化的数据相关。

结果还表明，番茄的抗坏血酸和类胡萝卜素复合物在热影响初期都会发生酶促变化。当番茄的亚细胞结构在压碎过程中受损时，来自细胞间隙和空气的氧气影响原生质组分，激活氧化反应。这一过程的强化是由于细胞内酶的释放。因此，在酶复合物失活和粉碎后通过热烫去除番茄细胞间结构中的空气的过程中。维生素 C 和 β-胡萝卜素的损失比整个番茄的热处理高出7.5%和13.7%。

机械作用程度对抗坏血酸损失的影响较大（高达20.2%），对类胡萝卜素损失的影响较小（高达14.6%）。然而，根据实验结果，可以认为最大的破坏作用是精确的热处理，而不是机械研磨。

由于类胡萝卜素，特别是番茄红素，其含量在番茄中占主导地位，β-胡萝卜素等是导致番茄天然颜色的发色团；它们的破坏是降低浓缩番茄制品感官指标和生物价值的一个因素。

生色团也是番茄中非类胡萝卜素性质的其他成分。所有植物的叶绿体中所含的叶绿素使番茄呈绿色。在成熟的番茄中，叶绿素的含量是微不足道的，因此主要的类胡萝卜素复合物掩盖了绿色调。然而，这些光合色素具有高度的热不稳定性，可显著影响浓缩番茄制品的颜色形成。

研究了浓缩番茄制品加工过程中总热效应对番茄块的影响，即热效应对番茄色素复合物 - 类胡萝卜素和叶绿素（α）和（β）分解动力

学的影响。

如果在半对数坐标系中成分浓度与处理时间呈线性关系，则可通过类比热暴露期间微生物死亡的描述来分析不稳定成分的衰变动力学。

热暴露对番茄色素复合物不稳定参数影响的实验研究结果如表 2.6 所示。

表 2.6

温度对番茄营养价值保存因子的影响

加工温度, °C	D 值, 有条件, 分钟	加工温度, °C	D 值, 有条件, 分钟
60	1520	100	570
70	1290	120	210
80	980	125	160

通过对所得结果的分析，得出了一些对浓缩番茄制品生产中番茄加工技术具有重要意义的结论。D 值表征番茄浆在恒温场中加工的持续时间，其结果是所记录的指标值下降了10 倍，在60 ~ 80°C时逐渐下降，在80°C时与100、120、125°C相比急剧下降。

从文献来源可知，当在真空压力下在60 °C 的温度下煮沸番茄块时，类胡萝卜素含量的变化导致在最初的30 分钟内类胡萝卜素的损失，包括β-胡萝卜素（维生素原a），与80°C和100°C时相比，显著升高（22-31%）。这是因为在较高温度下，氧从番茄中的去除比类胡萝卜素的氧化转化更强烈。此外，在氧化物（过氧化物酶、脂氧化酶、过脂氧化酶）存在下，多烯色素和叶绿素的氧化遵循酶途径，这些氧化物在60°C下保持活性[45]。

我们在不同加工温度下获得的 D 值与可用信息相关。

为了防止类胡萝卜素和叶绿素的酶促破坏，有必要采用热烫技术，处理温度应在 $65\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以上。

然而，从我们获得的实验数据中，如前所述，在 80°C 以上的处理温度下，D 值急剧下降，表明色素复合物的分解率提高。这主要有两个原因。首先，由于类胡萝卜素的双重氧化（共氧化）以及氧的作用，金属离子和酸催化色素复合物的降解反应，导致非酶氧化转化随温度升高而加剧。其次，在 80°C 以上的温度下，原材料的细胞结构被重新排列，伴随着单个成分的不稳定性显著增加。

这种趋势很可能与色素复合物成分状态的特殊性以及类胡萝卜素和叶绿素与蛋白质和脂质的结合强度有关。

已知弱结合类胡萝卜素和叶绿素是色素与蛋白质的结合物，强结合-与脂蛋白。值得注意的是，番茄中类胡萝卜素和叶绿素在其总量中的比例分别为游离-35.8%和72.9%，弱结合-54.3%和21.7%，强结合-9.9%和5.4%[52]。同时，应该指出，在番茄色素复合物的总组成中，类胡萝卜素和叶绿素的游离和松散结合形式所占比例最大，它们在加工成浓缩番茄产品的过程中最易发生热降解。

基于番茄色素复合物的上述特点，即其高热稳定性，为了客观评估工艺参数的影响，以期其随后的合理化，建议根据浓缩番茄产品中类胡萝卜素和叶绿素的总含量监测原料质量的变化。

用分光光度法测定类胡萝卜素和叶绿素时，其破坏程度可将该指标纳入产品质量控制参数的建议标准。考虑到类胡萝卜素的破坏趋势及其与维生素原活性的代表性，不仅可以根据成品的感官特性来判断

总色素复合物的破坏程度，还可以根据其生物价值来判断其破坏程度。

快速分光光度法测定类胡萝卜素和叶绿素的方法比较简单，使建立快速自动控制工艺过程的运行参数及其改进成为可能，以保证成品的质量保证。

应用 B.Flaumenbaum 教授的方法对热暴露的有效性进行数学测定，以达到罐头产品必要的无菌程度[33]，从而可以计算在变温场条件下热处理过程中番茄不稳定色素复合物的降解水平。用最小二乘法求出了降解反应的速率常数 K (c^{-1})、热稳定常数 D （条件 min）和 Z ($^{\circ}\text{C}$)，并经验测定了活化能 E_a (cal/mol)。计算结果见表 2.7~2.8。

对于导致产品着色的色素总量（类胡萝卜素+叶绿素（ α ）和（ β ））的降解速率，活化能将等于： $E_A=2157, 4 \text{ cal/mol}$ ； $Z = 62.5^{\circ}\text{C}$

表 2.7

番茄活性色素总量 (类胡萝卜素+叶绿素(α)和(β))
在 $\tau_{0.10}$ 时的降解速率 (K) 特征

加工温度, $^{\circ}\text{C}$	值, $K \cdot 10^{-4}, \text{c}^{-1}$	加工温度, $^{\circ}\text{C}$	值, $K \cdot 10^{-4}, \text{c}^{-1}$
60	15.15	100	40.40
70	17.85	120	109.67
80	23.50	125	143.94

根据获得的数据，温度升高 60°C （在 60°C 至 120°C 的范围内），使色素衰变速率常数提高 7.24 倍，半衰期降低。色素复合物的衰变速率常数以及热稳定性指数 Z ，该指数表征将色素复合物的破坏速率降低 10 倍所需的温度升高 ($^{\circ}\text{C}$) 的充分快速增加速率，这使我们能够证实先前关于番茄色素具有足够高的热稳定性的结论，该结论与番

茄色素的化学结构以及大量游离和松散结合的成分有关。色素复合物的热稳定性还受到酸（番茄富含酸）和少量易溶蛋白质（对色素有保护作用）的影响。

通过对番茄不稳定色素复合物 K 值的测定，从工艺加工方式对感官和生物价值指标的影响的角度，客观地比较了浓缩番茄制品的生产工艺。

当颜料被破坏时，它们的衰变产物形成，这些产物可能没有颜色，也可能是有色的。类胡萝卜素的破坏与它们的变色有关，而叶绿素的破坏机制涉及卟啉核损失镁，从而形成橄榄棕色的脱镁素。

番茄制品不稳定质量指数的测定及其在热暴露下的动力学特性的研究（E_a）决定了获得浓缩番茄制品的技术模式的科学合理性，然而，番茄的生物学特性，特别是高含量的类胡萝卜素复合物，与番茄浆紧密相连。有人建议开始寻找其他保持质量的方法，例如在浓缩番茄产品的生产中，减少果肉上吸附有色素复合物的热负荷的技术。

热暴露对番茄块色系变化的影响

在浓缩番茄制品的生产过程中，新鲜番茄，特别是番茄的所有生物活性物质，都会发生变化。形成深色的化合物。番茄加工产品颜色的变化，暗色调的积累不仅恶化了成品的感官质量指标，降低了其营养和生物价值，而且表明原料中天然色素复合物的破坏。

上述番茄化学成分的研究结果表明，番茄中含有多种类胡萝卜素复合物，主要代表为番茄红素（高达 68%），植物素（高达 55%），

同时，胡萝卜素含量较少，占类胡萝卜素总量的 2%。

研究了不同加工方式对番茄浆中类胡萝卜素组成、叶绿素（α）和（β）含量以及颜色特性的影响。研究结果见表 2.8。

为了建立实验，将粉碎后的番茄在不同的温度条件和暴露时间下进行热烫处理，与未经热处理的粉碎番茄相比，暴露时间为20min。

表 2.8

预处理对番茄浆色素复合物和颜色变化的影响，%新鲜番茄

工艺操作	类胡萝卜素损失						叶绿素损失		更改颜色*
	番茄红素	植物素	β-胡萝卜素	α-胡萝卜素	γ-胡萝卜素	ξ-胡萝卜素	(α)	(β)	
破碎（控制，τ=20 min）	28.4	39.2	34.4	30.1	27.7	33.0	51.6	23.8	6
蒸汽烫漂(t=75℃，τ= 10 min)	1.7	1.9	1.3	1.2	0.9	1.0	62.3	19.7	3
蒸汽烫漂(t=85℃，τ= 15 min)	4.2	5.4	4.8	3.7	3.3	3.9	74.3	29.7	9
蒸汽烫漂(t=100℃，τ=20 min)	36.8	41.2	38.7	32.4	28.7	34.9	89.1	34.9	11
注：*-根据 Tomakolor，Δ是新鲜原材料中条件刻度与初始刻度的划分									

结果表明，番茄色素复合物易被氧化酶破坏（不经热处理的破碎方案），而类胡萝卜素和叶绿素的破坏程度分别为39.2%和64.6%。在最小热处理条件下（方案t=75℃，τ= 10 min），色素复合物的保存率最高，然而，随着番茄天然酶复合物的失活。在这种情况下，类胡萝卜素保存较好，损失仅为0.9- 1.9%，叶绿素复合物的损失也有相同的趋势-高达62.3%。

在 $t=100^{\circ}\text{C}$, $t=20\text{ min}$ 时, 类胡萝卜素和叶绿素的损失最大, 分别为41.2%和89.1%。

应该指出的是, 在分离、鉴定和定量单个类胡萝卜素的过程中, 发现它们具有不同的破坏能力。同时, 无论是酶降解还是热降解, 某些类胡萝卜素都有明显的光破坏的一般趋势。因此, 在本试验的所有变型中, 植物素的损失最大, 为41.2%; γ -胡萝卜素是番茄类胡萝卜素中最稳定的 (28.7%)。

叶绿素组分的破坏也有明显的趋势, 无论影响因素是酶还是热性质。因此, 在未经热处理的变异体中, 叶绿素 (α) 的破坏超过叶绿素 (β) 的损失2 倍, 在经过严格热处理的变种中, 这些指标相差近3 倍。

由此我们可以得出结论, 在研磨、热处理等工艺影响下, 叶绿素的稳定性很高。

所获得的色素定量测定结果与番茄块的颜色变化相关。

在酶轻度热失活的情况下, 观察到指示物的最小变化-仅在条件量表的3个部分出现颜色变化, 在严重热暴露的情况下, 最大变化-条件量表的9个部分出现颜色变化。分析所得结果, 番茄浆的颜色变化明显取决于色素的破坏程度, 由于类胡萝卜素破坏的产物颜色较浅或未着色, 导致颜色变化的主要原因是叶绿素破坏的产物颜色较深, 棕色-脱镁叶绿素和脱镁叶绿素-这是产品颜色变化的原因。

因此, 番茄色素复合物的破坏具有酶促和非酶促的性质。然而, 热效应对番茄块颜色变化的影响更大。

为研究和确定热处理对浓缩番茄制品的潜在反应性、抗变色性以及对其感官品质和生物价值的影响, 分析了番茄中类胡萝卜素的生物合成及其最大吸收量。

在文献中, 关于番茄原料中类胡萝卜素的转化和积累方案有分散的数据[35,56]。

类胡萝卜素在体内的生物合成从最易降解的化合物进行到更稳定的化合物, 表 2.8 给出的加工过程中类胡萝卜素损失的实验结果充分证实了上述和广义的类胡萝卜素生物合成方案。

番茄中类胡萝卜素的组成和质量分数的多样性解释了它们在加工过程中的不同保存形式。类胡萝卜素最初衰变的产物是 apo-、seco- 和 nor- 类胡萝卜素, 最终衰变产物为各种环氧化物。

类胡萝卜素对破坏的潜在抵抗力主要与它们的化学结构有关, 即共轭双键的数目, 以及引起它们反应性的分子中包含的环的存在。多烯物质的结构特征影响其发色团性质[55], 特别是类胡萝卜素吸收的最大吸收。

当类胡萝卜素在初始阶段降解时, 分子中共轭双键的数目发生变化, 由于深色效应引起的吸收峰向较低的波长移动, 导致颜色减弱。

通过分析表 2.9 中给出的数据, 以及番茄浆中单个类胡萝卜素的初始含量和含量变化 (取决于对原材料的热效应), 我们可以得出结论, 番茄红素对番茄块的颜色贡献最大。番茄红素在热处理过程中的破坏导致其变色, 并因此改变番茄块的颜色。

表 2.9

共轭双键数目和环结构对类胡萝卜素(石油醚)最大吸收峰的影响

类胡萝卜素		分子中的量	吸收最大值, nm		
植物素	共轭双键	3	275	285	296
植甾醚		5	331	348	367
ξ-胡萝卜素		7	378	400	425
神经孔蛋白		9	416	440	470
番茄红素		11	446	472	505
γ-胡萝卜素	循环分量	11	431	462	495
β-胡萝卜素		11	425	451	483

番茄含有高达120 mg/ 100g 的叶绿素固体，这也参与了番茄着色的形成。基本上，番茄色素复合物的叶绿素成分由两种类型的叶绿素代表：C₅₅H₇₂O₅N₄Mg - 叶绿素（α）；C₅₅H₇₀O₆N₄Mg - 叶绿素（β）。

叶绿素分子含有大量的不饱和中心，特别是在类胡萝卜素中，一个共轭双键系统。卟啉及其衍生物的这些化学结构特征不仅使其具有发色团性质，而且使其具有较高的反应活性。

从表 2.8 可以看出，番茄色素复合物的叶绿素成分最不稳定。

根据我们的研究结果和一些科学家的观点，叶绿素在光、热、化学试剂的作用下很容易被破坏，这可以通过降低吸收光谱的最大值来说明（表 2.10）。

叶绿素破坏产物比不含镁的起始物质脱镁叶绿素和脱镁叶绿酸更稳定。它们在颜色特性上有显著差异，即原料中叶绿素的显著含量使浓缩番茄产品呈现不吸引人的深棕色。

表 2.10

叶绿素的光谱特性

指标	吸收光谱最大值, nm						
叶绿素（α）	660.0（最大的）	612.5	572.5	527.5	497.5	427.5	410.0

续表 2.10

指标	吸收光谱最大值, nm						
叶绿素（β）	642.5	592.5	567.5	547.5	502.5	452.5	430.0

研究了热处理对叶绿素（α）和（β）破坏的影响，结果表明，在真空浓缩番茄浆的温度为60℃时，破坏过程已经开始。随着温度的升高和暴露时间的延长，叶绿素几乎完全被破坏（相对于番茄浆中初始含量的损失高达80%）。番茄的酸度影响叶绿素的物理化学破坏速率和途径。

表 2.11

热暴露对番茄叶绿素破坏及果肉颜色变化的影响

番茄浆加工类型	干物质含量 (mg/ 100 g)						更改颜色*
	叶绿素		茶碱		脱镁叶绿素		
	(α)	(β)	(α)	(β)	(α)	(β)	
无处理 (控制)	43.12	25.84	1.54	-	-	-	0.0
预热 t=60℃ ， τ= 10 min.	32.45	24.03	9.82	1.07	0.96	-	3.5
升温 t=85℃ ， τ= 15 min.	22.12	21.04	20.03	3.87	1.86	0.93	7.0
升温 t=100℃ ， τ=20 min	9.38	12.48	31.10	10.19	3.49	3.02	12.5
注：*-根据 Tomacolor 装置，Δ划分条件刻度控制							

叶绿素降解产物在初始阶段积累不明显。值得注意的是，随着叶绿素结构的改变，（α）-系列的类似物由（α）-形式形成，（β）-系列的类似物由叶绿素（β）形式形成。在这方面，实验数据表明叶绿素（α）高度不稳定性，因为即使在番茄浆没有热效应的阶段，也观察到少量脱镁叶绿素（α）。

脱镁叶绿体是深度转化的产物，其生成量比脱镁叶绿素小。然而，

当加热到60℃时，已经观察到叶绿素（α）高度不稳定性的趋势，不仅形成了茶碱（α）系列，而且还形成了少量的茶碱（α）。

温度的升高和热作用时间的延长不仅与叶绿素复合体破坏性转化的深度有关，而且与番茄浆颜色的变化也有直接关系。

脱镁叶绿素和脱镁叶绿酸的积累趋势与番茄浆颜色的变化完全一致，表明它们对番茄产品感官指标的形成有重要贡献。

浓缩番茄制品颜色的形成不仅取决于类胡萝卜素的变色和叶绿素的转化。在浓缩破碎的多组分番茄体系的过程中，由于多种因素，会发生各种化学转化。

番茄加工过程中深色化合物的形成和积累问题受到了一些研究人员的关注[14,64]，他们指出，各种物质的氧化促进了深色化合物的积累，即酪氨酸、二酚和三酚、焦儿茶素和其他化合物与黑色素的形成，以及美拉德反应，形成糠醛、氧甲基糠醛（OMF）、多酚胺、间苯醚等化合物。

考虑到番茄浓缩过程中的热处理导致类胡萝卜素复合物变色，原料的自然着色变得不那么强烈，并且不会隐藏新形成的深色氧化产物。

还应注意的是，在番茄浆浓缩过程中，系统成分浓度的增加有助于提高营养物质参与转化反应的速率。

在热处理过程中，番茄品质指标的变化与原料色素复合物的变化以及各种化学性质的转化有关，同时伴随着几乎所有化学成分（蛋白质、氨基酸、低聚糖和单糖）的深色产物的积累。

由于浓缩番茄制品的着色是一个复杂的特性，取决于各种发色团

的存在，因此在热处理过程中，它们在色素中的破坏和积累，以及浓缩各种性质的深色化合物的整个工艺过程，都会改变颜色的亮度和纯度。

为了量化产品的积累，颜色从红色变为饱和棕色，作为加热的结果，我们进行了一项类似于番茄块中活性成分衰变动力学研究的实验。

将番茄浆密封在薄型玻璃安瓿中，并在60~125℃的温度范围内加热。深色化合物积累的出现表明番茄浆的颜色发生了变化。根据Tomacolor装置的标准方法进行研究。对平均统计数据回归分析，然后根据回归方程确定常数 D 和 Z，表征深色化合物在番茄中的积累速率，这取决于热处理的持续时间和温度。表 2.12 总结了实验研究和计算结果。

表 2.12

热暴露下番茄群体总颜色指数 (深色化合物积累) 的变化

暴露温度, °C	D 值, 有条件, 分钟	加工温度, °C	D 值, 有条件, 分钟
60	725	100	225
70	590	120	108
80	385	125	81

Z=41℃

对所得结果的分析表明，番茄浆的颜色变化速度比色素复合物的降解速度快（平均为1.7 ...2 倍）。因此，深色产品中各种物质的相互作用是形成番茄浓缩成品颜色的重要组成部分。

天然色素复合物的颜色减弱和深色化合物形成的共同作用导致成品感官特性的不良变化。寻求解决这一问题的方法可以基于在浓缩番茄产品生产中使用新的方法和技术技术，基于对影响成品质量的不

良工艺的调控和预防。

番茄块的胶体化学特性

番茄泥由擦拭机进入蒸发浓缩装置浓缩，是一个具有一定性质的多组分理化体系。

番茄浆具有明显的多分散性和亲水性。果肉中以分子和离子形式存在的物质——糖、有机酸、灰分元素——实际上并不影响其流变特性。番茄泥的粘度是由胶态物质和粗相物质引起的。

番茄浆的胶体相主要由果胶物质、部分半纤维素和番茄蛋白组成。单个果肉颗粒，其尺寸为 0.2-800 微米，形成粗分散相。浓缩过程中最重要的是悬浮浆部分，即不溶于果汁的物质。

番茄浆的第二个特征是它的高亲水性，这取决于系统中果胶物质、淀粉和蛋白质的存在。原料-番茄-富含亲水性成分，在获得浓缩番茄制品时，会使煮沸工艺复杂化：高达 2.9%的果胶物质；淀粉含量可达干物质的6.4%。

应注意的是，在热暴露过程中（真空影响下在加热器中加热番茄浆，蒸发器中浓缩的实际过程），番茄浆中可溶性果胶的含量相对于初始含量增加，这是由原果胶水解引起的。果肉加工过程中系统的总亲水性增加不仅是由于水解，这一指标的增加还与淀粉的热糊化和蛋白质的凝固有关。在浓缩番茄制品的生产中，体系的分散性和亲水性对番茄块体流变参数的变化有很大影响。

结果表明，随着溶质分子量的增加，束缚水含量增加。因此，组

成食品的聚合物，结合水，增加了体系的粘度。这完全适用于溶解在番茄浆液相中的蛋白质和多糖。由于热处理过程中原果胶向可溶性果胶的转变或果胶酶的作用，后者的含量相对增加。

番茄浆在成熟过程结束时纤维含量增加，也能结合水分。因此，结合水的增加量增加了番茄块的粘度，不允许其浓缩到干物质的 30%。

在浓缩过程中，上述因素导致：

- 沸腾物质对流的急剧减少；
- 粗分散颗粒在设备受热面上沉降，导致积碳。

为了研究番茄中结合水的含量，测定了番茄中不溶于酒精的物质的含量。该指示剂的值与该系统吸湿能力相关。不溶于酒精的物质不仅包括果肉本身，还包括酒精从液相中沉淀出来的高分子化合物：纤维素、果胶物质、蛋白质。

机械化收获品种番茄醇溶性物质含量研究结果见表 2.13。

表 2.13

机械化采收番茄的醇溶性物质

番茄品种	醇溶性物质的组成，%			
	番茄总重量%	成分，% (按醇溶性物质重量计)		
		蛋白质	果胶物质	纤维素
中国种植的品种				
Lichun 丽春	1.49	20.1	22.6	27.8
Jinanfenhong 济南粉红	1.31	18.0	22.9	24.4
Ruixingdabao 瑞星大宝	1.58	23.2	20.7	25.6
乌克兰种植的品种				
Lagidny	1.25	24.1	23.8	26.5
Torch	1.57	17.9	20.5	28.7
Flora	1.34	18.4	21.9	27.3

在醇溶性物质中，测定了某些组成成分的质量分数，其中纤维素、含氮物质和果胶物质对体系粘度的影响尤为显著。

研究表明，对于机械化收获的番茄品种，蛋白质含量在醇不溶残渣总重量的15.8%~24.1%之间变化，果胶物质含量大致在20.5%~24.3%之间。纤维素对体系亲水性的形成起着至关重要的作用，根据其结构特征-脆碎性、纤维性和含量-占醇溶性番茄渣总重量的22.7%至28.7%。

结果表明，番茄中醇不溶物的含量与番茄汁的粘度密切相关。通过对番茄化学成分的分析，得出机械化采收番茄品种具有纤维、木质素、原果胶、戊聚糖含量高的特点，为果肉提供了较高的吸水能力，这与番茄醇不溶性物质的研究结果相一致。

为研究果肉成分含量对番茄块流变特性的影响，研究了浓缩番茄制品生产工艺过程中相对粘度的变化。研究结果见表 2.14。

表 2.14

番茄制品浓度 (固体%)	温度下的相对粘度	
	20℃	80℃
番茄块-擦拭后的果肉，5%	1.1	1.03
番茄泥，12%	2.5	1.57
番茄泥，14%	11.0	6.5
番茄酱，19.3%	28.0	14.5
番茄酱，24.7%	145	58.7
番茄酱，29.6%	423	148.5

煮熟番茄块的粘度增加速度直接取决于其中可溶性固体的含量。随着干物质浓度的增加，粘度增加，系统中的对流减少，这是由于对流过程中介质对移动颗粒的阻力增加所致。因此，固体含量为29.6%

的番茄酱的相对粘度是番茄浆的384.5倍。

研究表明，当干物质浓度达到20%左右时，煮沸过程中番茄浆的相对粘度急剧增加，这可以解释为当剩余水分几乎全部处于束缚态时，体系达到临界浓度。

番茄块的分散组成是影响浓缩率的主要因素

在番茄浆形成过程中，通过改变番茄浆中颗粒的大小来实现对番茄的擦拭。番茄的分散成分影响番茄块的流变特性，进而决定浓缩番茄制品的质量。

研究了不同制备方法对番茄浆分散组成的影响，以及番茄不溶性干物质分散程度对其流变性能的影响。采用 A.Diakonova 提出的方法测定不溶性固体的分数组成，该方法因清洗装置的操作模式而异。研究结果见表 2.15。

表 2.15

分散度对番茄浆粘度的影响				
孔直径，mm	不溶性物质的分数组成			相对粘度
	果肉颗粒占不溶性物质质量%			
	15- 150 微米	150-300 微米	>300 微米	
1.5	93.6	2.7	3.7	1,059
0.75	96.9	1.2	1.9	1,055
0.5	97.7	1.5	1.2	1,056
1.5 和 0.4	98.4	0.9	0.6	1,061

研究表明，随着番茄浆中细颗粒含量的增加，体系的相对粘度略有增加。

在孔径为 1.5~0.5 mm 的筛子上研磨番茄块时，相对粘度指数仅

增加1002 倍。因此，番茄浆在加工初期的分散组成对其流变参数没有显著影响。

随着番茄的精细研磨，对植物组织细胞的破坏程度增加，众所周知，这会导致果汁的最大释放量增加。对番茄块预处理方法对浓缩过程中水分蒸发速率的影响进行了一系列实验研究。

为研究浓缩前番茄浆的制备方法，设计并制作了番茄浓缩前番茄浆支架。该试验台的设备进行以下工艺操作：整个番茄的加热、番茄的粉碎、番茄块的分离、液相的浓缩。

机架设备的操作方案如下：将番茄和蒸汽送入工作室。蒸汽压力和产品温度使用压力计、自动电位计和热电偶作为传感器进行监测。擦拭装置的设计允许将番茄泥分成两部分。安装在筛筒铠装上的环将其工作长度分为两部分。从外部看，分离环有一个橡胶垫圈压在保护壳的内表面上。番茄块的部分通过单独的管道进入安装在机器工作部件下方的预制容器中。通过移动筛筒护面上的环，可获得不同的所得馏分体积比。该展台配备有煮沸设备，可对压碎的番茄进行非接触加热，其中饱和蒸汽用作热载体。番茄在酿酒机中的保存时间由螺杆的变速器调节。

蒸发室装有热电偶、取样装置和搅拌器。蒸发室内的真空度根据产品浓度和设定的浓缩温度进行调节，通过真空泵实现。

在相同条件下，对不同研磨度的番茄浆样品进行蒸发处理。以15分钟为周期，从样品中取样，以测定其中可溶性固体的含量（根据折射计装置）。

表 2.16 给出了研究不同分散度番茄浆水分蒸发速率的实验数据。

表 2.16

番茄块分散度对水分蒸发速率的影响

擦拭次数	胶体磨中筛孔的直径 或间隙的大小	根据折射计蒸发后的干物质含量，分钟			
		30	45	60	75
实验 1. 番茄的初始干物质含量为 5.8%					
1	1.5	7.2	8.0	12.8	21.4
2	1.5 和 0.75	7.2	8.6	13.6	23.6
2	1.0 和 0.5	8.2	10.2	16.2	27.2
实验 2. 番茄的初始干物质含量为 6.7%					
2	1.5 和 0.75	8.8	11.0	13.8	17.2
3	1.5；0.75 和 0.75	8.8	11.2	14.4	18.8
4	1.5；0.75；0.75 和 0.75	8.8	12.0	14.8	20.2
3	1.5；0.75 和 0.5	9.0	12.5	20.0	31.0

在每一系列实验中，同一批番茄浆通过不同筛分直径的擦拭机或胶体磨。在一些变体中，使用了两倍、三倍和四倍擦拭。

如**实验1**所示，当在孔径不超过1.5 mm 的筛子上研磨番茄浆时，煮沸75 min 期间的干物质含量为21.4%。相同批次的番茄浆样品，不溶性部分的不同分散成分，通过在相同浓缩时间内擦拭直径不超过0.5 mm 的筛子获得，固体含量增加5.8%。

在**实验2**中，初始干物质含量越高，番茄块浓度越高。类似的研究条件显示，在相同的时间内干物质增加了13.8%。

番茄浆水分蒸发速率的增加与其组成中细粒含量的增加之间也存在明显的相关性。试验2 采用2 倍、3 倍和4 倍的擦拭方式，在相同的筛孔直径下，两次擦拭可使干物质含量在相同的水分蒸发时间内分别提高1.6%和3 倍。

本研究的实际意义在于缩短番茄浆的热处理时间，从而降低能耗，

缩短工艺周期，减少原料中生物活性耐热成分的损失。

不同固体含量番茄浆流变特性的研究

番茄浆是一个复杂的物理化学体系，由悬浮在其中的固体不溶物组成，悬浮颗粒由化学结构上具有亲水性的物质组成。

对番茄化学成分的研究，上述结果表明，具有水分结合能力的聚合物含量显著：半纤维素、纤维素、木质素、果胶物质、蛋白质。

纤维的存在使番茄浆易碎，并与原果胶、戊聚糖和蛋白质化合物结合，具有较高的吸水能力。

上述研究表明，浓缩前对番茄浆进行初步制备，可提高浓缩速率，但不可能降低番茄块的粘度，这会增加其中细组分的定量含量。这一事实为研究体系粘度形成的主导因素的未溶性果肉颗粒数对番茄浆流变性能的影响奠定了基础。

下一阶段的实验研究是研究不同悬浮浆颗粒含量的番茄块体的相对粘度。研究对象为初始状态下的番茄制品，在不同温度下，部分和完全分离固体悬浮相（果肉）和等离子体。

当可溶性固体含量从 6%增加到 30%时，20℃时，去除固相（果肉）的番茄块粘度增加6.19 倍，75℃时仅增加2.2 倍。

当番茄浆的干物质含量达到30%时，其相对粘度分别增加了384.55 倍和139.03 倍。在20℃和75℃条件下，即使部分分离悬浮果肉颗粒（占果肉重量的10%）也能使体系粘度分别降低88.23%和87.15%。

所获得的结果使我们可以得出结论，悬浮果肉颗粒的存在导致在生产条件下获得浓缩番茄产品的过程复杂化。因此，用随后浓缩的液体部分（等离子体）分离番茄浆的固相可以避免粗颗粒在设备表面上的沉降，并通过降低浓缩番茄产品系统在生产条件下的相对粘度显著提高煮沸系统对流的能力。

初步研究了悬浮番茄浆颗粒从液相中的分离作为降低体系粘度的因素。为此，进行相分离，然后分离浓缩液体部分（原浆）。

悬浮颗粒分离后的液相可浓缩至干物质含量为80%时，而浓缩液的粘度仅略高于通常20%番茄泥的粘度。进一步将浓缩等离子体和最初分离的果肉混合是获得浓缩番茄制品的一种方法。

III 番茄浆分级浓缩番茄制品生产技术

最大限度地保存番茄的自然特性、生物活性物质是生产浓缩番茄制品的主要任务。初步流变学研究的结果表明，为了解决这个问题，有必要开发一种分馏番茄的方法、液相的浓度参数、液相与果肉的连接比例以及保存所得产物的状态参数。

番茄预处理方法对分级过程的影响

为实现该工艺方案，研究了番茄预处理对番茄泥质量的影响。

番茄块的制备研究旨在通过改变番茄加工的操作参数，使用实验台的设备以及食品工业中现有和使用的设备获得不溶性固体含量降低的果肉。

研究了四种加工番茄的方法，并以浓缩番茄产品生产技术说明书中给出的传统方法（方法1）为对照。

方法1-控制 对机械化收获的整株番茄进行清洗、检查、粉碎和种子分离，并进行粗擦（筛子直径为5 mm）。将捣碎的物料在75±5℃的温度下送至混合过程，然后在擦拭机（筛径3.0；1.5；0.4 mm）上粉碎并进料浓缩。

方法2 对机械化收获的整株番茄清洗、检验、蒸煮至果实中心温度75±1℃，将种子和果皮分离，然后擦拭，在清洗机上擦拭（筛子直径分别为1.8和0.4 mm）。

方法3 清洗、分类、漂洗和分离果皮的方法与 方法2 类似，在擦拭机上进行擦拭（筛孔直径为 3.0 和 1.5 mm），并分为两个部分：

液体部分（果汁-原浆）和稠体（果汁分离后）。

方法4 对机械化收获的整株番茄清洗、检验、蒸煮至果实中心温度85±3℃，在排水管上分离液质（果汁），在擦拭机上依次擦拭固相果肉（筛孔直径5.0；3.5；1.8；1.5 mm），然后成品（直径0.4 mm）。

方法5 机械化收获的整株番茄经清洗、检验，粉碎成25~30 mm的小块，在85±3℃的温度下煮熟，在分种设备上分离种子和果皮，然后在擦拭机上擦拭（筛孔直径分别为1.5和0.5 mm）。

根据制备方法的不同，番茄块的特性见表 3.1。

表 3.1

番茄块的特性取决于制备方法

指标	获取方法						
	№ 1 控制	№ 2	№ 3		№ 4		№ 5
			原浆	稠体	原浆	稠体	
可溶性固体的质量分数 S %	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.5	5.4
果肉质量分数，%	18.0	16.7	11.9	20.8	6.2	43.9	16.4
不溶性固体的质量分数 IS%	0.79	0.73	0.64	0.86	0.7	1.4	0.75
维生素 C 质量分数 % X 10	12.4	14.7	13.1	12.8	14.5	12.4	14.5
pH值	4.21	4.3	4.27	4.29	4.27	4.29	4.23
Tomacolor 颜色	26.0	27.0	34.0	30.4	30.0	42.0	29.0
关系 S / IS	6.8	7.4	8.4	6.2	7.7	4.0	7.2
符合 Bostwick cm/30c 的稠度	-	-	-	-	15.6	4.5	-

通过对研究结果的分析，得出在浓缩前分离番茄液相的重要指标中，方法4 得到的质量最好。

进一步研究了番茄热处理的最佳工艺参数，以提高液体组分的产量。

为了最大限度地分离液体组分，采用加热方法，以确保细胞的全质壁分离和果胶酶的失活。

按照传统工艺进行番茄分馏前的制备(洗涤、分选、检验、淋洗)。

对制备好的番茄进行热处理，用蒸汽烫漂，同时控制果实中心的温度。

研究是在番茄果实中心温度达到75℃至95℃时进行的，间隔5℃，排液时间5~20min。研究结果见表 3.2。

表 3.2

分离液体分数的量与过程温度和持续时间关系

温度, °C	持续时间, min	液体分数量, %
75	5	从 40 到 47
75	10	从 45 到 53
75	15	从 52 到 63
75	20	从 52 到 63
80	5	从 42 到 49
80	10	从 45 到 53
80	15	从 53 到 64
80	20	从 54 到 65
85	5	从 45 到 53
85	10	从 52 到 64
85	15	从 57 到 68
85	20	从 57 到 68
90	5	从 47 到 55
90	10	从 53 到 63
90	15	从 57 到 68
90	20	从 58 到 69
95	5	从 47 到 55
95	10	从 53 到 63
95	15	从 57 到 68
95	20	从 58 到 69

根据研究结果(表 3.2)，液体部分的分离在大约15分钟后停止。番茄果实中心部加热的最佳温度为85℃。同时，液相分离率为57%~

68%。进一步升高温度有助于液体分数从 1%增加到2%。

在排水管上通过重力进行液体部分的分离。分离液体部分后，将焯过的番茄送往分离皮、种子和其他未使用的废物。剩下的番茄在直径为3 mm 的筛子上用擦拭机擦拭；1.5 mm 至1.8 mm 和0.4 mm 至0.5 mm。

根据番茄品种，研究了所得番茄块的分散组成。这些数据见表 3.3。

表 3.3

番茄块分散成分对品种的依赖性 (n=3,P≥0.95)

番茄品种	果肉颗粒质量分数, %		
	尺寸, 微米		
	15 - 150 微米	150 - 300 微米	300 微米以上
乌克兰种植的品种			
Lagidny	95.3	2.3	2.4
Gospodar	95.8	1.7	2.5
Red Hunter	95.5	2.5	1.8
中国种植的品种			
Lichun 丽春	95.0	3.0	2.0
Jinanfenhong 济南粉红	96.0	3.0	2.9
Ruixingdabao 瑞星大宝	94.9	2.7	2.5

分析表 3.2 所示的研究结果，发现在由“Lagidny”品种（95.9%）、“Gospodar”品种（95.8%）、“济南粉红”品种（96.0%）、“瑞星大宝”品种（94.9%）制成的番茄块中，粒径为 15~150 微米的颗粒数量最多。同时，这些品种的番茄块中含有 300 微米以上颗粒的数量最多（2.7~3.0%）。因此，番茄的品种特性影响了番茄块中不同粒径颗粒的数量组成。

番茄组分的理化性质研究

番茄的液体部分主要由可溶性固体（糖、酸、维生素等）组成，果肉是番茄细胞壁，由原果胶、纤维素、半纤维素组成。当使用传统技术获得番茄泥块时，粉碎的番茄经过热处理，其结果是用于煮沸的番茄泥系统的粘度增加。这种变化的原因是不溶性原果胶转化为可溶的形式。这一事实解释了浓缩番茄块的工艺过程中困难的原因。根据提出的工艺，番茄只进行短期加热，直到果肉软化，而原果胶没有转化为可溶的果胶。表 3.4 和 3.5 给出了番茄液体分数和番茄块的特征。

表 3.4

番茄液体部分理化参数 (n=3,P≥0.95)

调查指标	番茄品种			
	Lagidny	Gospodar	Jinanfenhong 济南粉红	Lichun 丽春
可溶性固体的质量分数，%	5.5	5.4	6.1	5.8
总糖的质量分数，%	4.8	4.7	3.041	2.78
果糖质量分数，%	1.2	1.1	1.0	1.0
葡萄糖的质量分数，%	1.6	1.5	1.2	1.4
滴定酸的质量分数（每柠檬酸），%	0.45	0.41	0.6	0.53
维生素C的质量分数， $X \cdot 10^{-3}$ ，%	18.2	22.0	37.8	20.9
pH值	4.0	4.1	4.3	4.2
不溶性固体的质量分数（IS），%	0.1	0.1	0.1	0.1

表 3.5

番茄块理化参数 (n=3,P≥0.95)

调查指标	番茄品种			
	Lagidny	Gospodar	Jinanfenhong 济南粉红	Lichun 丽春
质量分数： -果肉，%	58.2	56.7	69.3	66.9
-不溶性固体，%	1.78	1.74	2.05	1.99

续表 3.5

调查指标	番茄品种			
	Lagidny	Gospodar	Jinanfenhong 济南粉红	Lichun 丽春
质量分数： -果胶物质，%	0.26	0.28	0.25	0.28
-纤维素，%	0.60	0.76	0.48	0.43
-半纤维素，%	0.30	0.32	0.40	0.32
-可溶性固体，%	5.6	5.5	5.9	5.4

从表 3.3 - 3.5 的研究结果可以看出，番茄的液体部分含有可溶于水的物质，不溶性干物质（果胶物质、纤维素、半纤维素）在番茄块中占主导地位。番茄块（果肉）的主要成分含量因番茄品种而异，从 58.2%（Lagidny 品种）到69.3%（济南粉红品种）。

番茄分离物热处理优化模式的建立

研究了以番茄为原料制备的番茄制品的粘度。浓缩过程中，番茄部分不含悬浮果肉颗粒。该工艺将可溶性固体的质量分数控制在 5%~75%之间，间隔为10%。结果如表 3.6 所示。

表 3.6

从番茄的液体部分获得的番茄产品的粘度 (n=3,P≥0.95)

可溶性固体的质量分数，%	20℃时的相对粘度
5	1.002
15	1.5
25	2.8
35	7.0
45	18.1
55	30.2
65	49.3
75	65.4

表 3.7 给出了番茄块中悬浮果肉颗粒对浓缩过程的影响，即对相

对粘度的影响。

表 3.7

不同悬浮果肉颗粒含量番茄制品的粘度 (n=3,P≥0.95)

悬浮果肉颗粒的分离度	20℃时的相对粘度		75℃时的相对粘度	
	未浓缩番茄块。 可溶性固体的质量分数 6%	浓缩番茄块。 可溶性固体的质量分数 30%	未浓缩番茄块。 可溶性固体的质量分数 6%	浓缩番茄块。 可溶性固体的质量分数 30%
未删除	1.1	423	1.03	143.2
删除番茄块的10% (按重量计)	1.03	49.8	0.02	18.4
已完全删除	1.002	6.2	1.002	2.2

结果表明，如果不除去番茄块中的果肉，则当浓度从5%增加到30%时，番茄块的粘度将增加400、450倍。即使部分分离果肉的量为10-12%，成品的粘度也会降低10-12倍。

因此，在产品中存在悬浮颗粒的情况下，产品的粘度随浓度增加，流动性能变差，使真空蒸发装置的操作复杂化，产品在高温下的停留时间增加，从而导致其感官性能变差。因此，对仅含有水溶性成分的液体部分进行浓缩。浓缩过程进行到可溶性固体的质量分数-从50%到70%。

番茄块（果肉）不受浓度的影响，碳水化合物、氨基酸、芳香物质和维生素的含量基本保持在初始水平。

浓缩番茄制品生产工艺技术方案研究

利用信息、应用和基础研究的结果，开发了一种生产浓缩番茄产品的全新技术方案，如图 3.1 所示。

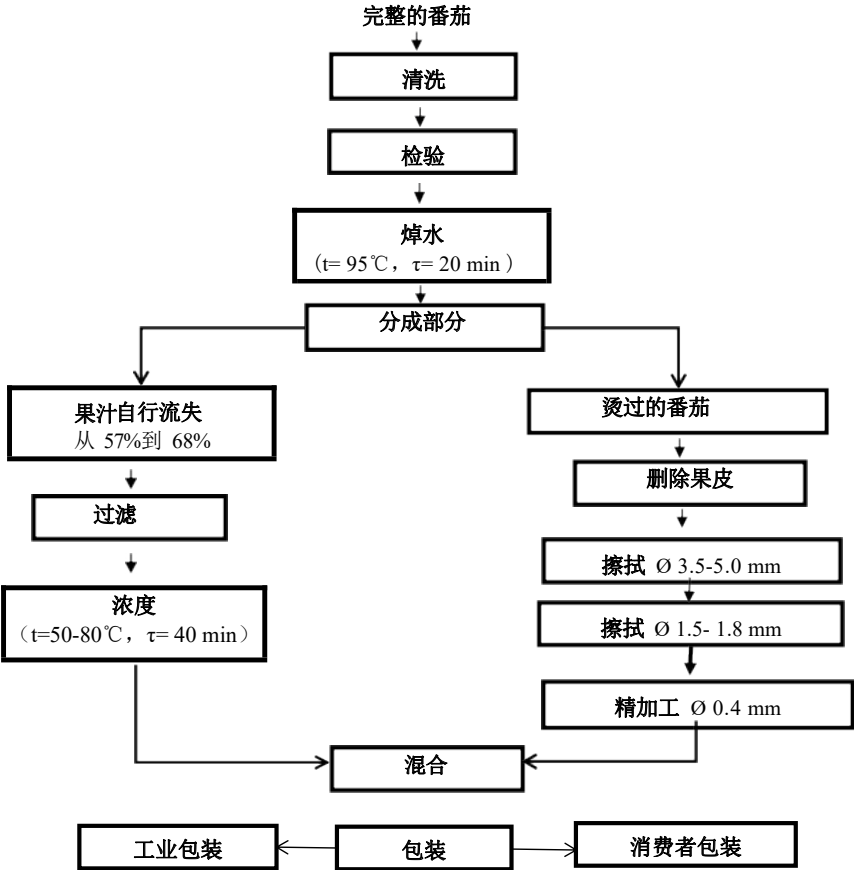


图 3.1 浓缩番茄制品生产工艺方案

预先准备好的整个番茄在水果中心加热到85℃的温度 15 分钟，然后

送到排水管。

将分离的液体部分浓缩至可溶性固体质量分数的70%。

分离液体部分后，保留一层厚番茄块，供设备去皮。将番茄皮压在直径为5-9 毫米的圆桶上分离。皮滞留在鼓的表面，而剩余的质量被强迫通过孔进入鼓的中间。

所有工艺操作均在现有的传统工艺设备上进行。在此基础上，提出了浓缩番茄制品生产的基本硬件工艺方案。考虑到传统技术、操作、工艺和设备的使用，制定了生产浓缩番茄产品的硬件和工艺方案。必须考虑番茄原料加工量的变化。硬件和技术方案具有较高的性价比。

同时，研究了番茄块中果皮含量与滚筒工艺参数的关系。根据品种的不同，果皮的总量在8%到12%之间。结果如表 3.8 所示。

表 3.8

番茄块中的皮含量，%	
滚筒内孔直径，mm	番茄块中的皮总量，%
5	从 2 到 3
7	从 4 到 5
99	从 6 到 7

从所进行的研究数据可以看出，质量中最小的表皮具有直径为5 mm 的鼓孔

分离果皮后，将稠体与种子、粗纤维、果皮残渣一起送入筛孔直径为 1.5 至1.8 mm 的粗擦机进行整理，筛孔直径为0.4 mm。通过这种方法得到的番茄块组分，果肉含量为 61-65%，可溶性固体质量分数为 5.5%，是用于进一步与含有70%溶解固体的浓缩番茄液体部分混合的番茄块成分。

在排水管上获得的液体部分具有接近于水的粘度指数，并且在30℃时

在0.001-0.009 n/sec m² 范围内。液体部分的低粘度使其浓缩到可溶性固体的质量分数为70%，以便与捣碎的番茄块进一步混合。

通过改变番茄泥质量与浓缩产品的比例，可以获得可溶性固体质量分数为15%至30%的糊状番茄产品。

为了获得30%的番茄酱，将浓缩液体部分与捣碎的果肉混合（溶解固体的质量分数为5-6%），部分捣碎的果肉不使用。为了减少废物流量并确保番茄的复杂加工，所产生的果肉也可用于生产具有复杂成分组成的产品，例如天然番茄酱，番茄沙司等。

根据该方案，清洗和分类后的番茄到达螺旋式啤酒机中进行焯水。通过饱和蒸汽加热至果实中心温度85±3℃，以防止番茄果胶酶的破坏作用，并将不溶性原果胶转化为可溶性果胶，暴露时间为15 分钟。

焯过水的番茄送入排水管，在那里分离出液体部分——重力果汁，通过直径0.5-0.7 mm 的尼龙20 号过滤器过滤，以分离果肉和种子。过滤后，重力果汁流入真空蒸发装置进行浓缩，在真空蒸发装置中将其煮沸至干物质质量分数为50%至70%，重力浓缩果汁收集在加热罐中。

沥干水分后，将焯过水的番茄与皮分离，放入直径为5.0 mm、筛孔为 3.5 mm 的擦拭机中擦拭。以皮和种子的形式产生的废物在番茄生产中不需要进一步加工，它们可以用于动物饲料、鸟类和鱼类的生产。

然后将擦拭过的物质送入配备有孔径为1.8 mm和1.5 mm 的筛子的机器中进行擦拭，然后在完成后进行修整（孔径为0.4 mm），将物质泵入加热的贮存器中，储液器中有浓缩的果汁部分。考虑到比例，这两个部分完全混合。

通过这种方法获得的浓缩产品——番茄酱（可溶性固体的质量分数为14%），被加热并用于包装在小容器中，或装在无菌罐装和多层袋中。

因此，所开发的技术和工艺解决方案使得能够利用新的工艺技术，根据消费者对现有工艺设备的要求，获得可溶性固体质量浓度可调节的番茄酱。

由于番茄浆仅含有液体部分，因此不进行热处理，这意味着增加了对吸附在果肉生物聚合物上的原材料的活性成分的保存，这些活性成分决定了番茄浆的营养价值，并参与了成品感官特性的形成。

浓缩番茄制品的比较特性

在生产条件下，采用该工艺生产浓缩番茄制品。按照将番茄分为原浆和果肉，然后进行原浆浓缩并与先前分离的果肉混合的方法，可溶性固体的质量分数为14%。感官、理化指标见表 3.9; 3.10。

表 3.9

番茄酱的感官特性	
指标的名称	特性
外观和稠度	均匀质量，含悬浮细磨颗粒，涂抹稠度
味道和气味	番茄块的特点，无苦味，无灼烧。
颜色	红色、明显、均匀

表 3.10

番茄酱理化参数的研究	
指标的名称	含量，%
可溶性固体的质量分数 (减去氯化物)，%	14.1
滴定酸的质量分数 (每柠檬酸)，%	1.4
氯化物质量分数%	0.15

续表 3.10

指标的名称	含量，%
果肉质量分数，%，不小于	23.2
碘标上的颜色，mg/cm ³	0.05
pH值	4.2
矿物杂质质量分数，%，不多于	未检测到
植物源杂质	未检测到

从表 3.9 和表 3.10 中给出的数据可以看出，根据一组感官指标和理化指标，拟定的浓缩番茄产品（番茄酱）符合国际食品质量和安全文件中规定的要求。

同时，我们认为，为了更全面地表征所开发技术的特性，建议对产品的光谱和颜色参数特性进行更深入的研究，对指标进行比较，并从比较的角度研究生物活性物质在储存期间中的破坏动力学、颜色变化等指标。

浓缩番茄制品的光谱特性及颜色参数

对采用传统技术和新技术生产的浓缩番茄制品样品进行了研究。

在研究光谱特性的过程中，事先用有机溶剂（石油醚）稀释提取物，使大部分点位于分光光度计的最大灵敏度区域（0.2-0.6）。

图 3.2 显示了根据新技术制造的浓缩番茄制品（番茄酱）样品的吸收光谱。在吸收光谱中，三个最大值（455，477，521 nm）清晰可辨。分析得到的吸收光谱，可以发现曲线形状具有烃类胡萝卜素色素的特征，得到的主峰最接近化学纯番茄红素（446，472，505 nm）和 β-胡萝卜素（453，484 nm）的吸收光谱[53]。

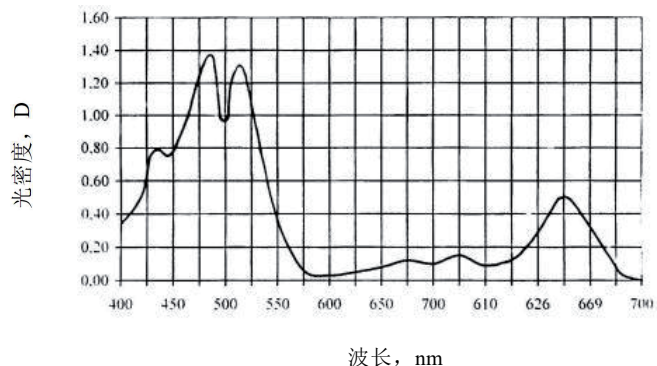


图 3.2 番茄酱的光谱特性研究

研究表明，由于类胡萝卜素色素的存在，浓缩番茄制品制备过程中的工艺处理对番茄块的颜色特性没有显著影响。样品提取物的光谱特征是番茄红素的最主要特征，这一事实证实了番茄红素对番茄及其加工产品的颜色形成以及在工艺循环和灭菌过程中的保存有重要贡献。

光谱特性在645 nm处也有最大值。该波长范围内的吸收是叶绿素(a)和(b)的典型吸收(分别为680和640 nm) [51]。

这一事实表明番茄中存在的叶绿素色素得到了保存。有关色素复合物的叶绿素组分对浓缩番茄产品特性的影响的数据表明，不仅对番茄块有温和的热效应，而且还存在少量叶绿素-脱镁叶绿酸和脱镁叶绿酸的深色降解产物，这会恶化成品的颜色。

因此，采用与热效应相关联的新技术生产浓缩番茄制品对番茄块指标和生物学价值没有显著影响。

图 3.3 显示了使用传统技术制成的番茄酱样品提取物的吸收光谱。通过对图 3.3 和图 3.4 所示光谱的对比分析，我们可以得出以下结论。使用

传统技术制造的产品在420 nm波长处的吸收显著降低，这表明 β -胡萝卜素含量较低，其特征是在该区域出现最大值。由于存在番茄红素而产生的峰值消光较小且不太明显。

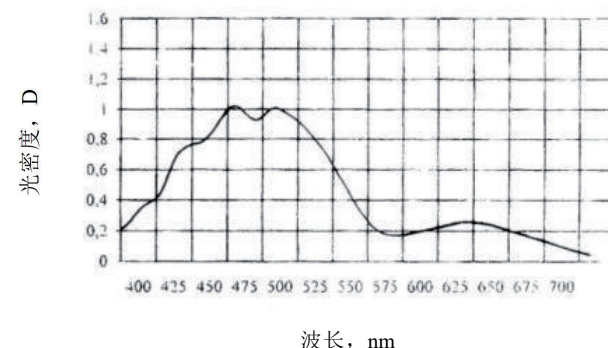


图 3.3 传统工艺番茄酱 (溶剂-石油醚) 的吸收光谱

该研究结果使我们得出结论，在使用传统技术获得番茄酱的情况下，类胡萝卜素被显著破坏，并且相应地，番茄块的颜色特性恶化。在510-550 nm区域，观察到吸收增加，通过没有明显标记的最大值的平坦曲线表示。可见光谱中该区域光密度的增加是棕色和棕色化合物的特征。

获得的光谱特性与前一节给出的数据相关。如图 3.3 所示，使用传统技术浓缩和灭菌番茄块期间的热处理导致各种化学性质的深色化合物的形成和积累，以及番茄色素复合物的破坏。

所获得的新鲜制备的番茄酱样品提取物的吸收光谱使我们能够得出在使用所开发技术的情况下浓缩番茄产品的最佳质量指标和颜色特征。

一个众所周知的因素，浓缩番茄制品的主要指标之一，是颜色特性。番茄块的颜色参数特性取决于类胡萝卜素色素的组成和含量，类胡萝卜素

色素会受到轻微氧化、转化为异构体、变色，并能被破坏，以及在热暴露下形成和积累各种性质的化合物，在浓缩番茄产品的配色方案中引入不受欢迎的色调，破坏了着色的初始协调性。确定了此类化合物的形成和积累与热暴露的时间和强度以及储存期间有关。

在这方面，我们使用Hunter 的三色系统，跟踪在满足浓缩番茄产品技术规范要求的条件下贮藏期间颜色参数的变化。

采用分光光度法研究了番茄制品在整个可见光谱范围内的颜色参数特征，并根据国际标准体系对三维坐标系下的光吸收结果进行了数学分析。

通过分析CIE 系统中番茄酱（石油醚提取物）参数的变化（表 3.11），我们可以得出结论，在保质期内，光谱（X、Y、Z）的蓝色、绿色和红色区域的吸收减少，这表明样品变色。

表 3.11

CIE 和 Hunter 系统中新鲜制备和贮藏 1 年的
番茄酱样品颜色特征的主要参数*

番茄酱样品** (保质期)	CIE 国际体系			Hunter 系统					
	X	Y	Z	x	y	L	a	b	a/b
新制备的	16.4 12.7	14.4 11.3	3.8 6.2	2.42 2.16	1.85 1.66	154 104	7.02 5.87	2.38 5.27	2.95 1.11
储存 3 个月	15.9 12.0	14.1 10.8	3.6 6.0	2.36 1.94	1.77 1.54	150 97	6.98 5.81	2.39 5.38	2.92 1.08
储存 6 个月	15.4 11.3	13.8 10.5	3.4 5.8	1.87 1.40	1.43 1.09	142 89	6.94 5.72	2.41 5.49	2.89 1.04
储存 12 个月	14.9 10.6	13.5 10.0	3.0 5.6	1.48 1.32	0.95 0.80	136 69	6.89 5.63	2.44 5.81	2.86 0.97

注：
1. *去除光谱特征前，从番茄酱样品中提取提取物
2. **分子中-采用新技术的番茄酱，
分母中-通过传统技术获得

降低番茄酱样品亮度的结果如图 3.4 所示

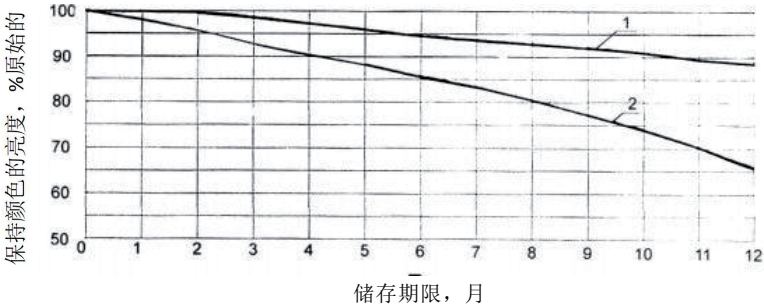


图 3.4 采用新工艺 (1) 和传统工艺 (2) 制作的番茄酱，
在贮藏过程中改变颜色的亮度。

值得注意的是，在传统技术的情况下，颜色强度（L）的下降更为显著，是当年初始指标的1.5倍。

在等对比度三维系统（L，(a)，(b)）中进行的研究，其中L表征样品的亮度，（a）-红色度，（b）-黄色度，以及比率（a）/（b）-主色调的整体指标，具有相当丰富的信息。结果表明：采用新工艺制备的番茄酱，Hunter 系统的L 参数降低了11%，而采用传统方法制备的番茄酱，L 参数降低了34%。贮存 1 年的指标（a）分别下降了1.85%和4.1%，表明光谱中红色阴影的强度有所下降。

对于通过热处理获得的食物而言，一个特别重要的成分是指标（b）以及比率（A）/（b），其增加表明样品中深色化合物的积累。

就拟议技术而言，指标（b）实际上没有改变，这表明番茄酱在储存期间的稳定性和轻微破坏性变化。

在使用传统技术时，番茄酱样品即使在新鲜制备的状态下，指标（b）

也显著增加，这表明可见光谱中的黄色成分在色度的形成中起着重要的作用。该指标在贮藏期间的增长率表明，在使用传统技术制备的番茄酱中，黄棕色调在贮藏期间迅速形成和积累。

在拟议技术的情况下，积分指标（a）/（b）仅比去年减少3%，而传统指标——比去年减少13%，这表明在第二种情况下，产品的颜色发生了相当强烈的变化，颜色的主要红色成分显著减少，棕色-棕色伽马积累。

因此，与传统产品相比，采用新技术生产的浓缩番茄产品样品的光谱特征在贮藏期间略有变化。这一因素使我们能够得出结论，即使用拟议技术生产的产品在储存期间具有高质量和稳定性。

浓缩番茄制品品质指标变化的研究

根据新技术和传统技术生产的浓缩番茄制品（番茄酱）的营养价值指标如表 3.12 所示。

表 3.12

指标的 名称	浓缩番茄制品	
	新技术	传统技术
可溶性固体的质量分数， %	14.2	30.0
滴定酸度 (以柠檬酸计)， %	1.4	1.3
pH值	4.2	4.3
氯化物的质量分数， %	0.15	0.25
果肉质量分数， %	23.2	-
颜色指示器： -关于碘标度， mg/cm ³	0.05	0.09
-根据 Tomacolor 设备， 划分条件刻度	27.0	41.0
根据 Bostvik 装置的粘度， cm/30 s	7.6	8.0
抗坏血酸， *10 ⁻³ g/ 100 g 干物质	22.7	14.1
总色素复合物 (类胡萝卜素+叶绿素)， *10 ⁻³ g/ 100 g 干物质	292.13	68.4

续表 3.12

指标的 名称	浓缩番茄制品	
	新技术	传统技术
类胡萝卜素， *10 ⁻³ g/ 100 g 干物质 - 概述	168.92	56.38
包括： -番茄红素	128.13	43.87
-β-胡萝卜素	16.73	6.08
-α-胡萝卜素	3.35	0.39
-ξ-胡萝卜素	5.97	0.81
-γ-胡萝卜素	1.70	0.24
- 氧甲基糠醛， *10 ⁻³ g/dm ³	12.0	22.0

通过对同一品种批次原料在相同条件下按传统工艺和新工艺生产的浓缩番茄制品质量指标的比较表明，分级获得浓缩番茄块的方法可以保留番茄的生物活性成分，并防止成品因较少破坏番茄色素复合体，形成和积累热破坏产物的原料成分。

同时，抗坏血酸的破坏率降低了41.1%，天然色素复合物在番茄酱中的贮存量是传统工艺的4.3 倍。

类胡萝卜素作为色素的稳定性也有相同的趋势。对类胡萝卜素复合物的比较研究表明，通过分馏获得的产品中类胡萝卜素的总含量比传统产品的相同指标高3 倍，并且单个代表物的保存率，特别是具有生物活性的β-胡萝卜素的保存率高2.8 倍，番茄红素作为形成产品颜色的主要类胡萝卜素的保存率高2.9 倍。

传统工艺生成氧甲基糠醛的可能性较大，实验确定的生成量为22.0 mg/dm³。

研究了色素络合物、生物活性物质、氧甲基糠醛含量的变化对成品颜色特性的影响。在Tomakolor 装置上对标准方法测定的颜色指标进行对比分析表明，新工艺制备的浓缩番茄酱具有最佳的颜色特性——与传统工艺

制备的浓缩番茄酱相比，条件标度的偏差数低1.5 倍。

在番茄的热处理过程中，以及在贮藏过程中，成品中会形成芳香醛-氧甲基糠醛和糠醛。由于还原糖（己糖、戊糖）与有机酸的相互作用而发生变化。这些化合物非常不稳定，特别是在有氧的情况下。由于氧化作用，使成品呈棕褐色，从而损害了产品的外观和颜色。因此，氧甲基糠醛(OMF)和糠醛的质量分数是衡量成品质量的重要指标之一。

由于番茄中戊糖的含量不高，在还原糖和有机酸相互作用时，番茄制品中几乎只生成氧甲基糠醛（OMF）。

由于浓缩过程中还原糖和有机酸的质量分数增加，因此在浓缩番茄产品中形成氧甲基糠醛（OMF）的反应特别强烈。为了对质量指标进行比较分析，进行了研究。浓缩番茄制品样品装在净重500 克的小容器中，然后按照15-20-30/100 ℃灭菌，在不受管制的仓库中储存12 个月。研究每隔3 个月进行一次。结果如表 3.13 所示。

表 3.13

指标的名字	储存，月	储存中的样品	
		新技术	传统技术
维生素 C, mg/ 100 g	3	21.7	11.0
	6	20.8	10.5
	9	19.6	8.9
	12	18.7	7.9
总色素复合物, *10 ⁻³ g/ 100 g 干物质含量	3	292.13	67.65
	6	286.45	64.50
	9	280.87	58.14
	12	274.56	51.88
类胡萝卜素, *10 ⁻³ g/ 100 g 干物质	3	165.32	51.30
	6	162.46	47.81
	9	159.06	41.82

续表 3.13

指标的名字	储存，月	储存中的样品	
		新技术	传统技术
包括 - 番茄红素	12	156.16	37.84
	3	127.00	40.80
	6	124.31	37.19
	9	122.17	35.75
-β-胡萝卜素	12	120.64	33.21
	3	16.40	5.87
	6	16.00	4.96
	9	15.45	4.05
OMF, mg/dm ³	12	14.75	3.13
	3	14.0	28.00
	6	16.0	33.00
	9	19.5	38.00
根据 Tomacolor 设备的颜色，划分条件刻度	12	24.0	50.00
	3	29.0	43.0
	6	32.0	47.0
	9	35.0	53.0
	12	38.0	57.0

从以上数据可以看出，浓缩番茄产品在贮藏期间，会发生影响品质指标的变化。因此，在贮藏过程中，番茄块的色素复合物被破坏，分馏得到的番茄酱在贮藏12 个月时，色素含量下降6%，而在传统方法得到的产品中，在类似的贮藏条件下，该指标为24%。

对类胡萝卜素的破坏性进行了对比分析，结果表明，采用新工艺生产的番茄酱中，类胡萝卜素的损失量为5.5%，其中番茄红素为5%，β-胡萝卜素为10%，而采用新工艺生产的番茄酱中，类胡萝卜素的损失量分别为26%、18%和46%。抗坏血酸在贮藏过程中的破坏率分别为18.3%和44.7%

由此可以得出结论，色素和生物活性物质的保存率越高，其初始质量分数越大。

氧甲基糠醛（OMF）在成品中的累积趋势是明显的，在两种产品中，

氧甲基糠醛 (OMF) 的累积速率大致相同, 并且超过了使用新技术制造的浓缩番茄产品和浓缩番茄产品中初始含量的2 倍, 采用传统技术制造 - 2.3 倍。

获得的有关浓缩番茄产品在贮藏期间有色成分含量变化的数据与样品颜色变化相关。为对比分析罐装方式对氧化甲基糠醛 (OMF) 在贮藏过程中积累趋势的影响, 研究了小容器灭菌包装样品和无菌袋装无菌条件下灭菌包装的番茄酱。

样品在不受管制的仓库中储存12 个月。通过数据分析, 我们可以得出结论, 使用新技术制造的产品中氧甲基糠醛 (OMF) 的累积量较低, 这与表 3.13 中给出的研究结果相关。

还应注意的是, 产品中氧甲基糠醛 (OMF) 的初始含量越低, 其形成和积累速率越低。

灭菌制度和容器容积的总体效果对储存期间氧甲基糠醛 (OMF) 浓度的增加有影响。

因此, 在袋装无菌罐装过程中, 氧甲基糠醛 (OMF) 含量的增长率低于在灭菌区域为15-20-30/100 °C 的小容器中的增长率。

这些数据表明, 从保存成品贮藏质量的角度来看, 选择大容器内浓缩番茄制品的无菌保存是可行的。

不同的液体和浓稠物质比例下浓缩番茄制品可溶性固体含量的计算

关于果汁浓缩的问题以及干物质的合理水平的证明, 在文献资料中被广泛报道。果蔬汁体积一般减少5~6 倍, 干可溶性物质含量达57~

75%。没有关于番茄液体部分浓度的数据。因此, 对番茄原浆在浓缩过程中品质指标的变化进行了初步的实验研究。已经证实, 在浓缩过程中, 减少戊糖和己糖的氨基酸质量分数的增加导致系统热力学状态的改变, 并为类黑素形成反应的激活创造条件。这一过程伴随着颜色的恶化, 这是由于深色化合物的积累, 在酸性环境中, 在糖和氨基酸浓度升高的情况下形成的中间体。

获得的数据表明, 将干可溶性物质的含量提高到70%以上是不切实际的。

根据以下公式计算成品中可溶性固体的平衡, 以证明混合过程中各成分的标准:

$$X = \frac{(A_1 \cdot B_1 + A_2 \cdot B_2)}{A_1 + A_2}, \% \quad (3.1)$$

式中X-为产品中的干物质含量;

A₁-浓馏分, kg;

A₂-液体馏分, kg;

B₁-浓馏分中可溶性固体的含量, %;

B₂-液体馏分中可溶性固体的含量, %;

$$X = \frac{(30 \cdot 5) + (70 \cdot 5)}{30 + 5} = 14 \%$$

根据计算, 在生产条件下制备番茄酱后, 得出番茄酱中可溶性固体含量至少应为14%的结论。

根据拟定工艺计算浓缩番茄制品 (番茄酱) 生产中的原料消耗率。

生产1000公斤番茄酱 (以固体质量分数12%计算) 的番茄消耗率通过

以下公式确定:

$$X = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 100^2}{C \cdot (100 - P_1)(100 - P_2)} \quad (3.2)$$

式中X -番茄的消耗率, kg;

C₀-原料中干物质的质量分数;

P₁-未使用废物质量分数的极限值, %, (P₁=6.5)

P₂-生产中干物质的极限损失, % (P₂=5.0)

$$X = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 100^2}{5(100 - 6.5)(100 - 5)} = 2702$$

生产1000 公斤浓缩番茄酱, 需要2702 公斤原料, 比传统工艺标准少150 公斤。

在基础研究和应用研究的基础上, 发展了浓缩前制备番茄的方法, 包括将番茄分离成液体和浓稠部分。研究发现, 在获得浓缩番茄产品时, 番茄的固相与液体部分的分离, 这是一个使其难以在不进一步处理的情况下去除水分的因素, 液体部分被进一步浓缩到干物质的质量分数为60%至70%, 然后根据计算的比例将其与稠物质混合。开发了一种单独加工番茄部分的硬件和技术方案, 可以获得营养价值更高的产品。

Hunan University of Humanities, Science and Technology, Loudi, China

Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Mazurenko Igor

Li Yunbo

Shao Zhengzheng

Muhammad Noaman Zahid

FOOD TECHNOLOGIES,

**CONCENTRATED
TOMATO PRODUCTS**

Monograph

We don't live to eat, we eat to live.
Latin: *Edimus ut vivamus, non vivimus ut edamus.*
Socrates

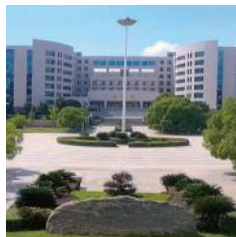
Nutrition is one of the most important factors that affect the health of the population. It ensures the normal development of people, contributes to the Prevention of diseases, prolonging life and creates conditions for adequate adaptation of a person to the natural environment. The issue of healthy nutrition of the population is one of the most important in the implementation of the state's social policy. Successful solution of the problem depends on creating conditions for the production of high-quality and safe food products.

Tomatoes in fresh form, as well as culinary-prepared are in high demand among people. In various cuisines of the world, tomatoes are used in the preparation of first and second courses, as well as in the preparation of salads and desserts. In many countries, tomatoes are used in the diet in fresh form. Concentrated tomato products are widely used in cooking – tomato paste, tomato and tomato-pepper sauces ketchups. These products are directly dependent on the quality of raw materials, production methods and processes.

Given a number of circumstances, concentrated tomato products do not always meet the quality and safety requirements.

The People's Republic of China control the quality and safety of food products at a high level. Chinese government ensures the quality and safety of food and the health and life of the population. Monitoring, coordination and supervision are carried out at all levels of government. Food production is controlled at all stages of production, from raw materials, operation processes and sanitary treatment of equipment. Attention is paid to packaging materials and the principles of selling the finished food product [1].

The state of China encourages and supports the development of basic and applied research related to food safety, and encourages and supports food manufacturers and operators to improve food safety [1]. Taking this into account, we have conducted fundamental and applied research to improve the quality of concentrated tomato products.



Hunan University of Humanities, Science and Technology (HUHST) China, established in 1978, is approved by the Ministry of Education of P. R. China as a comprehensive public university. In 2018, it was granted “Double First-Class” high level application-oriented university of Hunan Province. The university consists of 14 schools, offering programs both on bachelor degree and master degree. There are 53 undergraduate programs, ranging from Arts, Humanities to Science, Engineering, Education,

Economics, Management and Agriculture.

Henan Institute of Science and Technology (HIST), China, is a well-developed provincial university. The University begins its history since 1939. In HIST, there are 23 academic schools, consisting of 70 undergraduate majors, covering 9 main discipline classes including agriculture, engineering, education, management, literature, science, economics, law and arts. In 2002, the School of Food Science was founded. The School offers four undergraduate specialties: Food Science & Engineering, Food Quality & Safety, Cooking & Nutritional Education and Tourism Management. Food Science & Engineering is national-level characteristic specialty, Food Quality & Safety and Cooking & Nutritional Education are provincial-level Specialties.



Sumy National Agrarian University, Ukraine, is a higher educational establishment with level – IV of accreditation; it is one of the best agrarian universities of Ukraine. Sumy National Agrarian University was founded in 1977; Sumy National Agrarian University trains highly qualified specialists for agriculture. The structure of University includes 8 faculties, one Institute and five colleges.

The authors are grateful to the management of the teaching staff of the Universities for their assistance in conducting research.

MAZURENKO IGOR

Doctor Technical Sciences, Professor, Academician
Academy of Higher Education of Ukraine

LI YUNBO

Doctor of Philosophy, PhD, Associate professor

SHAO ZHENGZHENG

Doctor of Philosophy, PhD

MUHAMMAD NOAMAN ZAHID

Doctor of Philosophy, PhD, Assistant Professor

I. ANALYTICAL REVIEW, GROUNDS FOR CONDUCTING RESEARCH

Before doing research, we authors from different countries – China, Pakistan, Ukraine were interested in the historical moments of the origin of concentrated tomato products – tomato paste, hot sauce, ketchup. We want to share these materials.

The first people who started eating tomatoes and making tomato paste out of them were the indigenous peoples of South America. In the language of the peoples who inhabited the territories of Mexico and Peru (Aztecs, Incas, Indians), this plant was called "tomatl" - "large berry", "Peruvian golden apple". Hence the name "tomato". According to archaeological data, the tomato was known to the inhabitants of Bolivia, Peru, Chile, Ecuador in the V century BC. Wild and uncultured forms of this plant are still found in Peru, the Galapagos Islands and elsewhere. In South America, the tomato grew as a herbaceous plant, shrub and even trees up to 5 m high.

The Indians of South America not only consumed tomatoes in their raw form, but also prepared tomato juice and tomato paste from them. It is assumed that the technology of cooking tomato paste was as follows: tomatoes were ground into a pulp, then laid out in a thin layer and dried in the sun, then ground again. This method of preparation allowed to remove excess moisture from tomato paste. Modern technologies of preparation and storage of tomato paste have stepped far ahead, and manufacturers offer various types of tomato paste (hot and cold pressed), but the aroma of ripe tomatoes gives dishes their unique taste for more than a thousand years.

Interesting historical facts about tomato ketchup. The word ketchup originally meant “fish sauce” in the dialect of Fujian Province, a humid coastal region of China.

The first ketchup was made not from tomatoes, but from fish. They were served in Fujian Province, combined with homemade red rice wine, which is a specialty of the province. The history of red rice wine is intertwined with the his-

tory of ketchup - but while wine has remained largely unchanged for centuries, ketchup has undergone significant changes .

The story begins more than 500 years ago, when Fujian Province on the coast of the South China Sea was a busy center of navigational China.

Fish sauce began to be called *nuoc mam* in Vietnamese or *nam pla* in Thai, but Chinese sailors called it *ke-tchup*, “canned fish sauce” in Hokkien, the language of southern Fujian and Taiwan.

Settlers from Fujian Island brought *kechap* to Indonesia, Malaysia and the Philippines; the word was even taken by the Indonesians (Today Bahasa Indonesia *kechap* means simply “sauce” in Indonesian). The settlers from Fujian also brought with them fermented red rice, a seasoning that their cooks have long used to flavor stews and stews. Chinese cooks began turning red rice into arak, an early ancestor of rum. The process was carried out by distilling fermented rice together with molasses and palm wine. Chinese factories for the production of both fish sauce and arak were founded in Java and Sumatra.

The high cost of these Asian imports soon led to recipes appearing in British and then American cookbooks for chefs trying to make ketchup on their own.

It was only in the 19th century that people first started adding tomatoes to ketchup, probably for the first time in Britain, anchovies are still present in the first recipes of 1817, which give away its origin from fish sauce.

By the mid- 1850, the use of anchovies was abandoned, and it wasn't until 1890 that the need for better canned food (and Americans ' commitment to sweets) prompted commercial ketchup producers such as Heinz to significantly increase the sugar content of ketchup, leading to the creation of a modern sweet and sour product.

The Chinese origin of the national sauce is not just a funny culinary trifle. The history of ketchup offers a new look at world economic history. In fact, by the time British sailors brought ketchup to England, China was the richest country in the world by all measures — including standard of living, life expectancy, per capita income, military power — and produced the bulk of the world's gross national product.

China's control over trade within Asia, combined with its superior manufacturing technology (textiles, clothing, ceramics and, of course, fermentation) meant that China dominated the global economy until the Industrial Revolution.

The history of ketchup — from fermented fish sauces in China and Southeast Asia to sweet and spicy sauces in England and America - is the history of globalization and centuries of economic domination of the world superpower.

These historical facts make you think about the delicious ketchup sauce that some people consume daily, and also reminds you of China's dominance in the global world economy for most of the last millennium.

Characteristics of tomatoes and concentrated tomato products

Concentration is a process whose essence is to increase the concentration of dissolved substances by removing moisture by evaporation, freezing, ultrafiltration (reverse osmosis).

Food products subjected to the concentration process are a complex system in which, in addition to true solutions in water of sugar, organic acids, mineral salts and other substances, suspended particles of various degrees of dispersion are contained.

During the concentration process, the removal of water is accompanied by complex physico-chemical changes. In the process of concentration, the density of the product and its viscosity increase. Under the influence of terminological action, protein coagulation occurs, some hydrolysis of complex organic compounds, as well as reactions of the compound — melanoidin formation, caramelization and a number of others.

Thus, during concentration, the basic properties of the product continuously change. Therefore, the selection of modes and conditions of concentration is the most important, necessary research to create a technological process and devices for concentrating food products.

Concentrated tomato products are products of increased demand, as they are used not only by consumers, but also by manufacturers in the production of other

types of products (sauces, ketchups, drinks, etc.). Concentrated tomato products are in high demand and are used in culinary dishes of different countries – China, the European Union, the USA, the East and Ukraine.

Manufacturers mainly produce concentrated tomato products with a mass fraction of soluble solids from 12% to 30%, while it is noted that there are manufacturers that produce concentrated tomato products with a mass fraction of soluble solids from 11% to 45%.

As a rule, tomato paste is packed in different types of glass and metal containers with a capacity in glass containers from 0.2 dm³ to 1.0 dm³, in tin containers - 0.5 dm³, 3.0 dm³, 8.0 dm³, as well as in barrels with polyethylene deposits, while from 8% is used as a preservative up to 10% table salt. At the same time, tomato paste is packed into large containers with a capacity of up to 10,000 kg for subsequent processing in the production of other types of food. Due to the increased demand of consumers, the concentrated tomato product is packaged like "Tetra-Pack", "Tetra-Brik", with a capacity from 0.2 dm³ to 0.5 dm³, as well as glass and metal containers of similar capacity. Aseptic bags with a sealing valve with a capacity of up to 200 kg are widely used for packing. This makes it possible to minimize losses during transportation, to sell large batches of tomato paste, which was impossible when using large stationary containers.

The growth in the production of tomato products is constrained by the lack of tomato seeds of varieties that meet the requirements for the production of concentrated tomato products. For the processing of tomatoes entering production, it is necessary to constantly improve the methods and technological methods of processing.

Tomatoes, or tomatoes – *Lycopersicum esculentum* – are representatives of the Solanaceae family, one of the main vegetable crops grown practically in all countries. Tomatoes occupy one of the leading places in the volume of processing of the food and processing industry.

The nutritional value and taste characteristics of tomatoes as a food product are determined by the chemical composition. Fresh tomatoes and concentrated tomato

products obtained from them are characterized by the presence of carbohydrates, vitamins, organic acids, nitrogenous and mineral substances, in particular trace elements.

The increase in the volume of tomato cultivation is mainly provided by growing tomatoes of mechanized harvesting varieties. The transition to industrial cultivation technology makes it possible to comprehensively mechanize agricultural work, increase yields by more than 25% and remove the grown products as much as possible. However, when choosing varieties for cultivating tomatoes of mechanized harvesting, the main criteria were yield, and physiological properties of fruits, resistance to mechanical stress during harvesting [2, 3, 4].

The physiological properties of tomatoes of mechanized harvesting varieties have a negative impact during processing, in particular during the concentration process. The increased fiber content, which causes the resistance of the tomato to mechanical stress, contributes to an increase in the viscosity of the tomato mass [5], which leads to a sharp decrease in the temperature inside the tomato, heat capacity and thermal conductivity. When concentrating, the effect is enhanced, the coefficient of heat transfer from the heating surface to the boiling solution in vacuum evaporation stations is significantly reduced [6].

The increased viscosity of the tomato mass worsens the operation of the vacuum evaporation station due to the formation of carbon deposits on the heating surface and negatively affects the formation of the quality of concentrated tomato products.

Comparing the indicators of the composition of food, tomatoes stand out as an increased source of minerals, organic acids, cellulose, pectin substances, sugars and, most importantly, vitamins, in particular, carotenoids [7].

The chemical composition of tomatoes is dynamic in the process of growth and maturation. The chemical composition of tomatoes is influenced by various factors: variety, degree of maturity, harvesting time, climatic conditions, regional characteristics of soil composition, methods of cultivation and storage. The water content

in tomatoes is predominant, it ensures the elasticity of tissues, the course of hydrolytic and oxidative processes in cells. The water activity index for tomatoes averages 0.91, so this type of raw material is perishable and requires certain conditions of transportation, storage and processing [8]. It is known that the content of soluble solids in tomatoes of the varieties of mechanized harvesting Lichun 丽春; Jinanfenhong 济南粉红; Ruixingdabao 瑞星大宝; "Early"; "Kievsky"; "Gloria"; "Torch"; "Birutis" ranges from 4.0% to 8.0 %.

Considering that soluble dry substances of tomatoes are the most important indicator of their quality for industrial processing, especially in the production of concentrated tomato products, breeders have achieved an increase in the mass fraction of soluble dry substances by introducing a complex of fertilizers into the soil, as well as treating tomato plants at the time of flowering with special solutions.

The main part of the dry matter of the tomato fruit is carbohydrates, represented to a greater extent by monosaccharides – glucose and fructose. The total sugar content in tomatoes ranges from 2.7% to 4.5%, the level of glucose accumulation by fruits is 1.5-2 times higher than fructose, and there is little or no sucrose. The starch content in tomato fruits is low and ranges from 0.05 to 0.28%.

Recently, scientists have been paying great attention to the complex of biopolymers of plant cell walls, including hemicelluloses, cellulose, pectin substances, lignin. They occupy an important place in the rational nutrition of a person, and are eaten by the name "dietary fiber".

The fiber content in tomatoes of mechanized harvesting varieties is up to 1.26%, hemicellulose from 0.1 to 0.21%, pectin substances from 0.13 to 0.38%.

Tomato dietary fibers play an important role in the formation of the structure of fruits, as well as in the consistency of concentrated tomato products, which affects the choice of technological methods for processing tomato mass

It has been established that the content of pectin substances in tomatoes is dynamic and depends not only on varietal characteristics, but also on the degree of fruit

maturity. Pectin substances are accumulated in cell walls, median plates, and also partially dissolved in cell juice.

According to the results of research by world scientists breeders, pectin substances accumulate in the first phases of development. During maturation, protopectin is transformed into soluble pectin, which leads to softening of fruit tissues. Such transformations have a biochemical nature and are caused by the action of pectolytic enzymes that are present in tomato fruits: protopectinases, pectinesterases and polygalacturonases. Experts have established an inverse relationship between the activity of pectolytic enzymes and the amount of protopectin in tomatoes. Thus, an increase in the activity of polygalacturonase during maturation leads to a decrease in the mass fraction of pectin substances in fruits by about 1.5-2 times.

Losses of pectin substances in the process of processing tomatoes depend on the quality of raw materials, storage time of the crushed mass, temperature and duration of the thermal process. Concentrated tomato products of high quality can be obtained from tomato mass stored for no more than six hours before processing. Studies of raw materials and finished products have shown that the content of pectin substances in tomato paste is significantly lower than in raw materials. With an increase in the content of soluble solids in tomato paste by more than five times (as a result of evaporation of moisture), the content of pectin substances increases only 1.5 times.

Along with hydrolytic enzymes, redox enzymes play an important role in the formation and maturation of tomato fruits. When heated, during processing, all the enzymes present in tomatoes are inactivated.

Fiber makes up the bulk of the cell walls of the pulp of the tomato fruit. The mass fraction of fiber in tomatoes of machine harvesting varieties is almost 1.5 – 2 times greater than in tomatoes of manual harvesting varieties, which ranges from 0.65 to 1.26 % [9, 10].

Tomatoes reach the highest nutritional value at the stage of technical maturity. To determine the quality of raw materials, in addition to the requirements of regulatory documents, it is necessary to use objective express analysis methods and determine

the following indicators: dry substances by refractometer, color by optical density, the ratio of pulp and juice (in%), the ratio of soluble and insoluble solids, the amount of vitamin C.

An important indicator in the production of concentrated tomato products is the ratio of soluble and insoluble solids (S/I). The sum of the pulp and all substances that are not used waste – seeds, skins, vascular fibers is insoluble substances – (I) to tomatoes.

For the production of concentrated tomato products, it is necessary to use tomato varieties with a high content of solids and low insoluble substances, the ratio of soluble and insoluble substances (S/I) reflects the possibility of their use for the production of tomato paste. As a result of research, it was found that for different varieties of tomatoes, the ratio of soluble and insoluble substances is in the range from 2 to 5 units. The higher the ratio (S/I), the less waste, and, consequently, the loss of valuable soluble substances with them, which contributes to improving the quality and yield of finished products.

For the production of concentrated tomato products, varieties with a content of dry soluble substances of at least 5%, the ratio of soluble and insoluble substances - (S/I) of at least 6.5 units and a high organoleptic rating are the most suitable [11, 12].

According to some scientists, the content of nitrogenous substances in tomatoes is small and amounts to (x 6.25) – 0.55 – 1. 1%, which are represented by proteins and products of their transformations. The pulp contains free and bound amino acids: threonine, glycine, serine, alanine, proline, tyrosine, histidine, valine, asparagine, isoleucine, phenylalanine, arginine, methionine, cysteine [13- 16].

Organic acids, which are contained in the fruits of tomatoes, are represented by citric, malic, as well as an insignificant content of tartaric, succinic, oxalic and lactic acids. Citric and malic acids are predominant. The mass fraction of citric acid increases during maturation. In overripe tomatoes, the content of succinic acid increases,

while citric and malic acid decreases. The total acidity, in terms of citric acid for tomatoes of mechanized harvesting varieties ranges from 0.3 to 0.5% [17, 18, 19].

Traces of almost all organic acids included in the Krebs cycle during carbohydrate dissimilation were found in tomato fruits. Tomatoes and their processed products are the only source of organic acids of various biological effects – vitamin (L – ascorbic acid), acids-antagonists of putrefactive microbiota (citric, etc.), contributing to the inclusion of iron in hemoglobin and the elimination of iron deficiency anemia (malic), involved in the functioning of almost all organs and systems of the body. L – ascorbic acid is a component of all types of metabolism and contributes to the formation of organoleptic properties of tomatoes and concentrated tomato products, their biological value.

Biomolecules, as a result of the synthesis or destruction of which specific functions of human cells are performed, are called biologically active substances (BAS) [20]. According to scientists [21, 22], substances capable of having beneficial physiological effects on the body in micro quantities belong to (BAS) food products. These include vitamins and vitamin-like compounds, a number of trace elements, enzymes, phospholipids, some chromatic and coloring substances. Tomatoes and tomato products in human nutrition serve as a rich source of trace elements, vitamins, vitamin-like substances, including carotenoids, pectin and other dietary fibers. Minerals in the biochemical reactions of the body act as coenzymes and participate in redox processes, synthesis of proteins, carbohydrates, organic acids. It should be noted that tomatoes are rich in potassium, which is used in diet therapy [23, 24].

Trace elements are characterized as a specific group of chemical elements that are contained in the body in amounts of 10^{-3} ... $10^{-12}\%$ [25]. Of these, fifteen are essential: Fe; I; Cu; Zn; Co; Cr; Mo; Ni; V; Se; Mn; As; F; Li. A group of potentially vital: Sn; Cd; Pb; Rb. Many scientists believe that for the course of metabolism, the performance of structural, catalytic, regulatory functions of the body, at least such trace elements are necessary: Fe; Cu Zn; Mn; I; Cr; Se; Mo; Co [26, 27]. Tomatoes in larger or smaller quantities contain all the necessary trace elements [28].

The total ash content of tomatoes is from 0.4 to 0.8% by weight of the raw substance. The mineral content is (in mg/100 g): K – 290...340, Na – 35...45, Mg – 16...32, P – 21...33, Ca – 12... 18, Fe – 0,7...0,11.

The technology of production of concentrated tomato products is associated with heat treatment, which significantly affects the nutritional value and quality of the finished product. It has been established that the loss of vitamin C during concentration is up to 20%.

According to research data, after nine months of storage at a temperature of (-2) °C, losses amount to 14.6%, while at a temperature of 37 °C, vitamin C losses amount to 79.7 % [29].

In a number of publications, the authors pay special attention to the consistency of tomato products, as well as to the study of factors influencing it. Consistency is considered as the main quality factor [17, 30, 31]. The most suitable indicator in assessing consistency is viscosity [32]. The viscosity index depends on the chemical composition and physical structure of the concentrated tomato product.

With the same content of soluble solids, the consistency of concentrated tomato products may change depending on the quality and quantity of pectin substances, the content of pectin alcohol-soluble solids. In tomato paste with a content of soluble dry substances of 30%, on average it contains in percentage ratio: reducing sugars from 17 m/g to 19 m/g; fiber (tomato paste from tomatoes of hand-picked varieties) from 1 m/g to 1.5 m/g, (tomato paste from tomatoes of varieties mechanized collection) from 1.8 m/g to 25.7 m/g; the total acidity (in terms of malic acid) is from 2.5 m/g to 3.5 m/g at a pH of no more than 4.4; the ash content of tomato paste is from 3.2 to 3.4[33]. At the same time, tomato paste contains (mg/100g): K -800; Na- 200; Ca – 78; Mg – 2.3; Fe 2.3; P – 68; Cu 3.9; I (mg/100 g) – 1800 [34, 35]. The amount of vitamins (mg / 100 g) is as follows: carotene from 2.0 to 4.0; vitamin C from 25 to 60; vitamin B₁ from 0.02 to 0.07; vitamin B₂ to 0.03; vitamin PP from 0.3 to 0.9.

One of the main indicators characterizing the quality of concentrated tomato products is color. An increase in the concentration of soluble solids during concentra-

tion and exposure to high temperature contribute to the formation of accumulation of melanoidins – dark-colored products of the reaction of sugars and amino acids, which cause darkening and deterioration of the taste of tomato products [36]. The intensity of the melanoidin formation process depends on the concentration of hydrogen ions in the product, temperature, heat treatment time, the content of sugars and nitrogenous substances, as well as on the total concentration of dry substances.

It should be noted that tomatoes of the current selection varieties are characterized by an increased content of pulp, which includes insoluble dry substances (fiber, protopectin, pentosans, lignin), which worsens the thermal and physical performance of equipment, reduces the time of continuous operation of vacuum evaporation plants (due to the formation of carbon deposits) and increases the duration and complexity of cleaning the heating surface of the apparatus, as well as increases the duration of the concentration process, which leads to a deterioration in the quality of the finished product [37-47].

Biologically active substances of tomatoes in healthy nutrition and disease prevention

The imbalance in the structure of nutrition adversely affects the health of the nation and poses a real threat to the safety of the population, affecting practically all branches of science and healthcare.

The classical theory of balanced nutrition, created at the end of the last century, according to Academician A.M. Ugolev and a number of other scientists [48], contained a number of extremely serious mistakes: the enrichment of food components, the removal of ballast substances, refining served as an impetus to the spread and development of diseases of civilization – myocardial infarction, cardiovascular and gastrointestinal diseases, diabetes and many others.

The current trend of deterioration of human health has led to the improvement and development of the theory of adequate nutrition, according to which micronutrients – vitamins and vital minerals - play a dominant role among the nutritional factors that are of particular importance in maintaining human health, efficiency and active

longevity. Full-fledged regular provision of them to the human body is of great importance [49, 50]. It is known that vegetable raw materials, as a food object, are especially valuable for the presence of L-ascorbic acid, carotenoids, bioflavonoids, and practically only it is the source of these substances for the human body.

By chemical composition, tomatoes are a valuable source of carotenoids and ascorbic acid. The International Chemical Congress defined carotenoids as yellow or red pigments of aliphatic nature. Structurally, these substances are yellow nitrogen-free pigments, which are divided into hydrocarbons and oxygen-containing derivatives. The former include open-chain compounds - acyclic (lycopene), and cyclic (carotene). Oxygen-containing derivatives are, depending on the nature, oxygen grouping, hydroxy-, epoxy- and keto-derivatives [53]. Carotenoids belong to tetraterpenes, they consist of long hydrocarbon chains containing several conjugated double bonds ending at one or both ends with an annular cyclic structure - an inone ring [51-53]. A long chain of conjugated double bonds forms a chromophore in all carotenoids and allows them to be attributed to natural pigments [54, 55]. The main carotenoid contained in tomatoes is lycopene, the amount of which varies depending on the variety from 1.3 to 13.2 mg per 100 g [56, 57]. In addition, they contain xanthophylls and xanthophyll esters. The total amount of carotenoids in some varieties of tomatoes is about 6.0 mg per 100 g. For the varieties "Torch" and "Jubilee", the carotenoid composition is presented in Table 1.1.

Table 1.1

Carotenoid complex in tomatoes

Carotenoids	Content in grades, mg/100 g			
	Torch	Jubilee	Jinanfenhong 济南粉红	Ruixingdabao 瑞星大宝
Lycopene	4,38±0,670	0,51±0,130	0,49±0,120	5,48±0,660
β - carotene	0,14±0,020	0,10±0,050	0,11±0,057	0,15±0,024
ξ - carotene	0,03±0,004	1,21±0,080	1,24±0,090	0,02±0,007
γ - carotene	0,18±0,070	0,43±0,030	0,44±0,050	0,19±0,060
Phenytain	1,34±0,160	3,85±0,620	3,89±0,710	1,31±0,150
Phytofluene	0,22±0,010	0,89±0,620	0,25±0,040	0,87±0,680

The high lycopene content characteristic of tomatoes not only causes the bright red color of the fruit, but also contributes to the absorption of a significant amount of ultraviolet radiation, which initiates the formation of oxygen free radicals. According to scientists, [58] exhibits greater antioxidant activity than β-carotene.

Until recently, the biological value of β-carotene and its analogues (α-, γ-carotene, lycopene, canthaxanthin, lutein, etc.) was considered in connection with the ability of these compounds to serve as lycopene precursors of vitamin A in the human body.

Thanks to the work of oncologists in recent years [61], it has become obvious that carotenes and lycopene play an important independent role in the quality of components of the physiological antioxidant system that protects plant cells from oxidative stress. Carotenoids have unique properties of protecting the body from mutagenic and carcinogenic environmental factors.

The antioxidant activity of carotenoids is associated with the presence in their molecule of a chain aliphatic grouping with a significant number of unsaturated double bonds capable of interacting with active oxygen forms, forming insoluble complexes with heavy metal ions, quenching the action of free radicals, acting as modulators of antitumor immunity [59].

Reactive oxygen species formed during respiration and lipid peroxidation are the initiators of carcinogenesis.

Carotenoids, in particular, lycopene, α-, β-, γ-carotenes, have the ability to quench active oxygen without any chemical transformations. In this case, singlet (active) oxygen passes into the ground state without damaging the surrounding biological systems.

Vitamin A and other retinols obtained synthetically or microbially also quench singlet oxygen and can break the chains of free radical oxidation, but, unlike natural carotenoids of plant origin, they settle in the liver and are highly toxic to the human body [62, 63].

Carotenoids, along with biological activity, are natural coloring substances and are metabolically interconnected with ascorbic acid transformations [60, 64, 65]. It is known from the literature that ascorbic acid is able to limit lipid peroxidation, i.e. to exhibit an antioxidant effect. Due to this, it has found application in the treatment of many diseases (coronary heart disease, periodontal disease, atherosclerosis), is able to have a restorative effect during the recovery period [21], there are also medical recommendations for the daily use of ascorbic acid for the prevention of various diseases. In parallel, it was found that a decrease in the body's anti-infective resistance and an increase in the incidence of infections is a consequence of an insufficient amount of vitamin C in the diet [66].

Thus, tomatoes contain such components of chemical composition that are irreplaceable and exhibit therapeutic and preventive properties that do not have side effects on the human body.

In the light of the stated problems of nutrition of the population, the prevention of diseases consists in the maximum preservation of native biologically active substances in the process of technological processing.

Tomatoes contain vitamins, the biological effect of which in the human body manifests itself in the form of coenzymes, participation in immunity, development and growth of the body, the implementation of higher nervous activity [67].

Tomatoes contain a large amount of carotenoids, which cause their natural color. Of all the classes of natural pigments, carotenoids are the most common and are among the most important compounds in terms of their biological functions. The formulas and properties of 58 carotenoids are described in the literature. They consist of eight C₅-isoprene fragments forming a chain. Carotenoids are classified into acyclic compounds with an open chain (for example, lycopene) and containing in their formula one or two cycles in the form of diene rings. According to their chemical structure, they are divided into oxygen-free (polyene pigments) and oxidized - xanthophylls [52, 59].

The biological relationship between carotenoids and vitamin A is due to the irreplaceability of carotenoids in the human diet. According to the chemical structure, β -carotene is twice as active as the α - and γ -forms [59].

The content of carotenoids in tomatoes is (in mg per 100g of raw matter) 5.6...8. 1, of which β -carotene (provitamin A) – 0.4... 1.3; lycopene – 0.4...4.4.

Many researchers have studied the forms of carotenoids and their use in food technologies [34,35,37]. A large number of scientific papers are devoted to ascorbic acid. Almost all redox reactions in the body occur with its participation. Modern scientists distinguish it as a factor in maintaining resistance to stress, a component of nutrition that promotes tissue regeneration and healing, provides immunity and homeostasis of the body [68, 69].

Tomato fruits are a source of vitamin C, the content of which (mg / 100 g) is 12...40, vitamin B₁ – 0.08 ... 0. 15; B₂ – 0.05 ... 0.06; PP – 0.47 ... 0.50; folic acid – 0.4... 1. 1; pantothenic acid – 3.0...4.0; vitamin K - 0.4...0.8 [70 -72].

In connection with industrialization, chemicalization, the introduction of chemical fertilizers in the agro-industrial complex, the preservation of biologically active natural antioxidants during the technological processing of raw materials is an important and necessary direction of scientific research.

Analysis of methods of preparation of tomato mass before concentration

The process of tomato mass concentration is influenced by the quality of the prepared tomato mass. Tomato mass is a complex physico-chemical system, the main feature of which is pronounced polydispersity and the presence of a significant amount of hydrophilic pectin substances. Both of these factors have a great influence on the settling of suspended tomato pulp particles and on the convection of tomato mass during its concentration. Acceleration of the concentration process can be achieved by reducing the viscosity and increasing the degree of dispersion of tomato pulp particles.

The content of the pulp in the tomato mass and the degree of its dispersion affects the concentration process, the duration of which determines the nutritional value and quality of the finished product. Therefore, much attention is paid to the process of preparing tomato mass for concentration, especially from the moment tomatoes of mechanized harvest varieties are received for processing [71, 73, 74, 75].

The complexity of processing tomatoes of mechanized harvesting varieties associated with the structural-mechanical and physico-chemical properties of tomatoes. This led to the need to revise the existing technological techniques and processes and parameters.

The technology of mechanized harvesting of tomatoes from the field involves a one-time cleaning. The cleaned pile is heterogeneous in quality. It contains fruits of varying degrees of maturity and damage, vegetable and earthy impurities. Such tomatoes are harder to wipe, contain a lot of fiber, give more waste, burn during concentration, as a result of which the organoleptic characteristics of the finished product sharply decrease.

Scientists have developed a method of so-called "normalization" of tomato mass from tomatoes of mechanized harvesting varieties using mass-produced equipment installed at canneries, which provided for reducing the content of insoluble solids in it. This method involves crushing fresh tomatoes with seed separation, rough rubbing through sieves with a hole diameter of 5.0 mm, heating to a temperature of $(75 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, wiping through sieves (with a hole diameter of 3.0 mm; 1.2 mm; 0.4 mm); while the yield of tomato mass is from 80% to 88%. The waste is subjected to boiling at a temperature of $(96 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ for 3 - 5 minutes in screw steamers in a steam-contact way. Then the liquid phase - juice is separated on the drain, and the rest of the mass is sent to the screw press, where the rest of the liquid phase - juice is separated. The liquid phases formed after draining and pressing are finished through sieves with a hole diameter of 0.4 mm, connected to the tomato mass finished earlier and fed for concentration. Thus, the method of "normalization" of tomato mass requires addi-

tional equipment (a steamer, a drain, a press, a finisher, prefabricated containers), which significantly increases the cost of obtaining concentrated tomato products.

Due to the fact that in the tomato mass entering the concentration, the ratio of the values of the mass fraction of soluble solids to the mass fraction of insoluble solids (S/I) should be at least 6.5, the tomato mass in which this indicator is less than 6.5 is recommended to be used for the production of tomato puree.

When preparing tomato mass for concentration, preheating of the mass is of particular importance, the purpose of which is the inactivation of pectolytic and redox enzymes and microorganisms.

There are two ways to preheat the tomato mass: "hot" ("hot - bgeak") and "cold" ("cold - bgeak") [76, 77].

"Cold - break" - The method is as follows: tomatoes are crushed at normal temperature, followed by pulp exposure in a receiving collection for several minutes. The aging time is important, since the enzymes released during the crushing of tomatoes affect the pectin substances during aging and break them down. The degree of splitting of pectin is a function of the holding time in the receiving collection after crushing, which has a great influence on changes in the viscosity of juice.

With the "hot - bgeak" method, tomatoes are heated before or immediately after crushing. The purpose of this method is to inactivate the enzymes as soon as possible and preserve the maximum amount of pectin substances in tomatoes, which affects the viscosity of the juice. At the same time, crushed tomatoes enter a large-capacity tank, in which the temperature is maintained at 90°C . Instantaneous heating of the mass is achieved by mixing the crushed mass with a large amount of mass heated to 90°C . [78].

The preheating temperature has a significant effect on the color of the juice and concentrate. If the fruits are in the stage of incomplete maturity, the preheating temperature should be lower in order to avoid darkening of the tomato paste. The preheating process has the greatest effect on the consistency of tomato juice and

paste. With the "hot - bgeak" method, pectin substances are not split, and their content depends on the preheating temperature [79].

The preheating process should proceed taking into account the properties of the raw material, as well as the properties and type of the finished product [80, 81]. In fruits of incomplete maturity, most of the pectin substances are contained in the form of protopectin. When tomatoes are crushed and enzymes are released, soluble pectin substances are broken down, as a result of which the viscosity of the mass increases. Tomato mass obtained from raw materials with an increased amount of pectin substances should be kept in the receiving collection for a longer time before heating in order to obtain a low-viscosity tomato mass and to facilitate its concentration. Due to the selected set time and temperature, the amount of pectin substances in the boiled mass is regulated, which significantly affects the viscosity of the tomato mass, rheological properties and consistency of the paste during evaporation [24, 82].

From raw materials containing increased amounts of cellulose and pectin substances, with the right choice of the appropriate processing temperature, it is possible to obtain a tomato mass with a reduced content of pectin substances, which facilitates the concentration process.

The degree of crushing of tomato pulp significantly affects the concentration process. With an increase in the degree of dispersion of pulp particles, the mobility of the mass increases and intensifies the process of evaporation of moisture, which prevents the formation of carbon deposits. [84].

As an optimal wiping option, a two-stage scheme is proposed [37], where the first wiping machine has a diameter of 2.0-3.0 mm sieve holes, and the second - 0.5-0.35 mm. At the same time, it was found that the wiping scheme and the temperature of the mass being wiped do not have a noticeable effect on the dispersed composition of the pulp, and a decrease in the diameter of the holes in the sieve of the last wiping machine or finisher leads to a significant improvement in the dispersed composition.

In the process of crushing and wiping tomatoes, intensive aeration of the product occurs, which negatively affects the preservation of vitamins, especially vit-

amin C. In order to reduce the aeration of tomato mass, these processes should be carried out in vacuum conditions.

Due to the significant variety of varieties and physico-chemical parameters of tomatoes entering the production of concentrated tomato products, it is necessary to adjust the technological parameters in order to increase their efficiency, efficiency and improve the quality of the finished product.

Methods of concentrating tomato mass

In the production of concentrated tomato paste, the main process is concentration. Traditionally, the concentration of tomato mass is carried out by the method of thermal concentration [86]. Methods of concentration by freezing, crystallohydrate, electrodialysis have not been used [87]. For the concentration of tomato mass in industry, single- and multi-stage evaporators are used, which are characterized by high energy efficiency due to the use of several evaporation stages.

In industry, the most widespread are multi-body evaporation plants, the main element of which are tubular circulation circuits. The disadvantage of such equipment is the complexity of maintenance due to the fact that carbon deposits form in the pipes, which must be constantly removed [88]. To improve circulation conditions and achieve the most efficient heat transfer in the designs of evaporators, horizontal or inclined placement of forced circulation tubes, evaporators with an external heating surface are used.

A promising way of concentrating heterogeneous systems is membrane technology, which makes it possible to transfer some technological schemes for processing plant raw materials to qualitatively new technological and environmental levels. The use of membrane technologies makes it possible to almost completely save the biologically active components of the feedstock in the concentrated product and dramatically reduce the loss of steam and water compared to traditional methods. The cost of concentrating pulp by micro - ultrafiltration method is 0.003-0.17% in relation to the cost of the process of single-stage concentration of tomato products [89].

It was found that when using a two-stage membrane scheme, the content of biologically active components in the concentrated tomato mass is twice as much as in the product obtained by thermal concentration method [47, 90, 91,92].

Literature data indicate that the production of highly concentrated tomato products using membrane technology is irrational due to a sharp decrease in productivity with an increase in the mass fraction of soluble solids. It is most economical to use membrane technologies in combination with thermal concentration methods [70, 92, 93]. The use of single-stage membrane concentration of tomato mass is ineffective due to the low productivity of the membranes, due to the content of a large amount of pulp in the mass, which complicates the process, and the subsequent regeneration of the membranes [36,95].

Many scientists propose a technology for processing tomatoes, which consists in the fact that the fruits of tomatoes are crushed fresh to an average particle size of 1 mm with maximum destruction of the cells of raw materials with juice. Fine grinding is achieved as a result of combining the processes of grinding and destruction of plant cells using internal friction in the pulp, step-by-step separation of the liquid phase, mixing and rubbing the pulp, separating the skin, seeds, fiber fiber particles from it. These processes occur without heat treatment in a short period of time up to - 30 s. The tomato semi-finished product obtained in this way is fed into a vacuum evaporation apparatus for concentration, which is carried out at a temperature of 60 to 70°C. The authors developed and manufactured a small-sized machine equipped with a crushing and wiping device. These studies have both their positive sides and disadvantages.

Thus, the main method of concentration is thermal. Most often, vacuum evaporators of various designs are used for concentration, which have a number of disadvantages, including significant energy consumption. It is necessary to improve the methods of concentration, allowing to reduce the energy intensity and duration of the process, provided that the high quality of the product is maintained.

Conducting research on the development of progressive ways of concentrating tomato mass is relevant.

Methods of preserving concentrated tomato products

The purpose of canning is to obtain a product that can be stored for a long time without significant quality changes. There are several ways of preserving concentrated tomato products, but with any of them, conditions are created when the action of microorganisms is completely stopped or significantly slowed down.

The most widely used method of preserving concentrated tomato products by thermal exposure is sterilization in a stream with subsequent packing under aseptic conditions, sterilization by the “hot filling” method, sterilization of filled and capped cans in an autoclave, pasteurization in an immersion or irrigated pasteurizer, as well as the use of preservatives [95- 101].

Thermal exposure is a short-term high-temperature sterilization under aseptic conditions, based on the principle of termination of the vital activity of microorganisms and vital processes under the influence of physical factors. Preservation with chemical preservatives is based on the suppression of the vital activity of microorganisms under the influence of chemicals introduced from the outside [102, 103].

The use of chemical preservatives makes it possible to shorten the production process and reduce energy costs. However, when they are used after a certain amount of time in concentrated tomato products, the dry matter content decreases - this is due to the fact that yeast development is possible in the product. Also, the product preserved with chemical preservatives has a restriction when used in the production of other types of products and a short shelf life due to changes in organoleptic and physico-chemical parameters [85, 104].

The technology of preserving concentrated tomato paste with subsequent packing at a temperature from 85 °C to 90 °C in a container with salt added, under controlled storage conditions (temperature no higher than 15°C) is known. The dura-

tion of storage of products canned in this way is limited due to the possible development of molds and yeast in it [47].

A common method of preserving concentrated tomato paste by hot filling without subsequent sterilization [105, 106, 107]. For this purpose, glass containers with a capacity from 3.0 dm³ to 10.0 dm³ and tin containers with a capacity of 3.0 dm³ and 9.0 dm³ are used. Before packing, the product is heated at 96 °C for 10 - 12 minutes. After packing and capping, the cans are cooled with water to a temperature of no more than 40 °C. Slow cooling of the cans with the product is undesirable, since at the same time the tomato paste in the center of the jar is cooled for a long time, which leads to darkening of the tomato paste and deterioration of its taste. The disadvantage of the method of hot filling of concentrated tomato paste into tin cans is associated with the possible severe deformation of the body caused by the vacuum formed in the jar as a result of condensation of vapors above the hot product [12,72, 108]. Scientists have proposed to introduce acidic sodium carbonate NaHCO₃ to prevent deformation.

The most progressive method of thermal sterilization is aseptic canning. The method consists in short-term heat treatment of concentrated tomato paste in a stream at elevated temperatures (from 120 °C to 130 °C) for 120 seconds, followed by instant cooling to a temperature of 35 °C and packing in sterile conditions in a pre-sterilized container with capping under aseptic conditions. All these conditions are fulfilled automatically in a closed and interconnected equipment. With aseptic canning, the duration of sterilization is reduced by about 50 times, the quality of the product improves, and energy savings are achieved. Unlike sterilization of canned food in cans, short-term sterilization of the product at high temperature conditions, combined with the same rapid cooling before packing, makes it possible to obtain high-quality concentrated tomato paste, which practically does not differ in organoleptic properties, nutritional and biological value from non-sterilized. The improvement of the technology of aseptic canning of concentrated tomato paste follows the

path of using soft containers (multilayer bags with a sealing valve) with a capacity from 0.5 dm³ to 1.4 m³ using the principles of aseptic canning.

The aseptic method is one of the most reliable methods of canning. Its essence lies in the fact that sterile containers of various volumes are filled with a sterile product - from grams to several hundred cubic meters – in conditions that exclude re-infection. Aseptic canning significantly reduces the duration of sterilization and improves the quality of products. The specific costs of steam, water, and electricity are significantly reduced compared to traditional canning methods. The method of aseptic canning allows for high productivity to create production flow, mechanize and automate processes. Aseptic canning equipment requires a high level of technical and hygienic discipline of maintenance and control.

The technological process of aseptic canning consists of the following operations: preparation of equipment, including inspection of the installation, its sanitary treatment; determination of tightness; sterilization of equipment, product pipelines and tanks; assembly and installation of bacteriological filters, provided air is used to maintain pressure in the system; sterilization and cooling of the product and filling it into an aseptic bag or tank. The technological process should be accompanied by microbiological control of the product, sanitary and microbiological condition of equipment, pipelines, fittings and aseptic bags, control of technological parameters.

The first aseptic canning lines included apparatuses and devices for steam-contact in-line sterilization of the product with pre-purified steam at a pressure of 0.3 MPa, vacuum cooling of the product for several seconds and subsequent packing into large containers. The capacity of the unit is 1.5 tones / hour when sterilizing tomato paste at a temperature of 124 °C for 4 minutes. The design of the containers allows to partially unload the product and take samples without violating the sterility and aseptic storage conditions of the remaining part of the product.

To date, complexes of equipment for aseptic canning have been developed and implemented, which are designed for:

- sanitary treatment, washing and steam sterilization of equipment, tanks, product pipelines;

- sterilization of the product in the flow in a steam–contact heat exchanger that heats the product from 45 – 50°C to 125 – 138°C;

- cooling of the product in two stages: in an atmospheric cooler from a temperature of 125- 130°C to 98°C, and then in a vacuum cooler to a temperature of 35 - 40°C under sterile conditions with the restoration of the initial concentration of the product;

- filling the tanks with a sterile product under aseptic conditions and its long-term storage in sterile conditions.

The American company “FAM” manufactures installations for aseptic canning, which carry out the sterilization process of concentrated tomato paste with an initial temperature of at least 60°C and heating it to a temperature of 95 - 98°C with a minimum exposure time of 3 to 3.5 minutes. The process is carried out by passing four sequentially installed heat exchangers with a cleaned heating surface of the “Wator” type. The soaking device is a container into which a small amount of steam is supplied to maintain the sterilization temperature of tomato paste. The cooling system consists of an instant cooling chamber to a temperature of 30°C. Cooling occurs due to the vacuum created by the condenser and ejector. All flange connections on the installation have bacteriological closures.

Companies from the European Union countries manufacture lines for aseptic canning, which include a diffusion sterilizer consisting of two cylindrical vertical tanks with a conical bottom. During sterilization, the product is injected into tanks through spray nozzles into a vapor medium. The product is cooled in two stages. Pre-cooling to a temperature of 98°C is carried out in a spray cooler operating at atmospheric pressure, and subsequent cooling from 98°C to 35°C is carried out in a three-body tubular cooler.

Aseptic canning of concentrated tomato products is a promising method. However, the variety of hardware methods for implementing this method in each specific case requires the development of scientifically-based modes of the process.

II. RHEOLOGICAL, PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF TOMATOES

Rheology (from the Greek word *rheos* – current, flow and *logos* – the word, the teaching) – the science of deformations and fluidity of matter. The science of rheology considers processes associated with irreversible residual deformations and the flow of various viscous and plastic materials, stress relaxation phenomena, etc. Rheology is closely related to hydrometeorology, theories of elasticity, plasticity and creep, it widely uses methods of viscometer.

Rheological properties (the Greek word - *rheo* - leak) - deformation properties of materials (solid, liquid or gaseous), regardless of which subunits (component) they consist of. The main variables (measured in experiments or obtained from calculations) describing the deformation behavior of the medium are deformations and strain rates.

Food products are characterized by a complex of simple and complex properties - chemical, physical, technological, physiobiological, etc. The totality of these properties determines their usefulness to humans. The usefulness of food products is characterized by nutritional, biological, physiological, energy value, good quality and organoleptic properties.

The effects of technological processes on the physico-chemical characteristics of tomato mass

The quality of concentrated tomato products is directly dependent on the characteristics of tomato raw materials entering production.

In Ukraine, tomatoes are grown in the southern regions, which have fertile soils and favorable climatic conditions. There is a similar trend in China. We consid-

ered various varieties that are grown in Xinjiang Province and Inner Mongolia and the southern regions of Ukraine.

Among the large number of tomato varieties that are traditionally grown in China and Ukraine, they do not always meet the requirements of manufacturability, namely compliance with the requirements of industrial cultivation, including harvesting and processing for concentrated tomato products.

When selecting tomatoes from the general batch, after mechanized harvesting, negative aspects are observed. Figure 2.1 shows tomatoes harvested in 2023. It is clearly visible that from the outside the tomato fully meets the quality indicators. At the same time, when considering a tomato in the section, inclusions of an immature component are visible, as well as color instability.

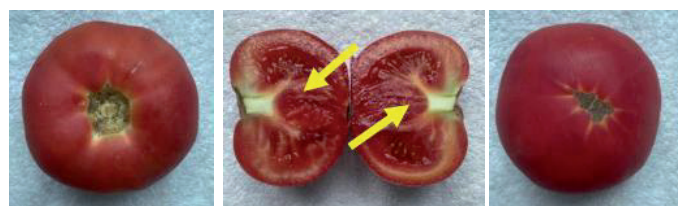


Figure 2.1 Tomato harvest 2023, in different planes

Tomatoes coming for processing must be at the technical stage of maturity, the most characteristic features of which are the size of the fruit, its density, color, taste, aroma, consistency. We have conducted research on tomato varieties that are traditionally grown in China and Ukraine. The results of the studies are shown in Table 2.1.

Table 2.1

Technical analysis of tomatoes of mechanized harvesting varieties

Tomato variety	Fruit shape	Coloring	Weight. g	Maturation dates
Varieties grown in China				
Tunhe 5501	oval	bright red	70 - 80	average maturation period
Lichun 丽春	rounded smooth	red uniform	65 - 75	average maturation period
Jinanfenhong 济南粉红	rounded smooth	red uniform	65 - 75	early ripening period
Ruixingdabao 瑞星大宝	oval	bright red	55 - 65	average maturation period

Continuation of the table 2.1

Tomato variety	Fruit shape	Coloring	Weight. g	Maturation dates
Varieties grown in Ukraine				
Lagidny	oval	red uniform	40-65	average maturation period
Torch	rounded smooth	orange- red	30-50	average maturation period
Flora	oval	red uniform	45-65	average maturation period

Of great importance for tomatoes intended for industrial processing is the mass fraction of soluble solids, determined by a refractometer. In tomatoes intended for the production of concentrated tomato products, the mass fraction of soluble solids should be more than 4.5%, since the consumption of raw materials per unit of finished products, labor costs, energy consumption, and the performance of vacuum evaporation plants depend on this.

The sterilization regime of the finished product depends on the active acidity index, therefore, it is advisable to use varieties of volumes with a pH of no more than 4.4 for processing.

The taste qualities of the finished product depend on the ratio of sugar and acid in tomatoes. A pleasant sweet and sour taste is provided if the sugar-acid index is in the range from 4.0 to 7.0.

The ratio of soluble solids to insoluble solids is of great importance in the production of concentrated tomato products. This indicator to some extent characterizes the viscosity of the tomato mass entering the concentration, the presence of a large amount of insoluble solids (fiber, cellulose, hemicellulose, protopectin) significantly increases the duration of concentration, causes burning, and deterioration of the color of the finished product. The best is the ratio of soluble and insoluble solids in the mashed tomato mass, ranging from 7 to 10.

Chemical and technological characteristics of tomato varieties that are traditionally grown in China and Ukraine. The results of the studies are shown in Tables 2.2 and 2.3, 2.3.1.

Table 2.2

Technological characteristics of tomato varieties

Tomato variety	Seeds %	Skin %	Waste that is not used, %	pH
Varieties grown in China				
Tunhe 5501	0,8	1,8	4,6	4,10
Lichun 丽春	1,0	1,7	4,8	4,35
Jinanfenhong 济南粉红	2,2	1,5	4,8	4,17
Ruixingdabao 瑞星大宝	2,1	1,6	4,4	4,21
Varieties grown in Ukraine				
Lagidny	0,5	1,2	3,5	4,20
Torch	0,4	1,4	5,2	4,21
Flora	0,9	0,9	4,7	4,20

The amount of waste that is not used in the production of concentrated tomato products is in the range from 3.5 to 5.2%. Characteristically, the values are almost the same as in tomatoes, varieties grown in China and Ukraine.

Table 2.3

Chemical characteristics of tomato varieties

Tomato variety	Mass fraction, %				
	soluble solids	titrated acids (based on citric acid)	insoluble solids, (IS)	nitrogenous substances	total sugar
Varieties grown in China					
Lichun 丽春	5,8	0,53	0,96	1,0	4,8
Jinanfenhong 济南粉红	6,1	0,59	0,88	1,5	5,1
Ruixingdabao 瑞星大宝	3,8	0,21	0,96	0,9	2,9
Varieties grown in Ukraine					
Lagidny	5,6	0,45	0,85	1,1	5,0
Torch	5,0	0,27	0,91	1,5	4,5
Flora	5,0	0,38	1,06	1,3	4,5

The results of the studies shown in Table 2.3 indicate that tomatoes of various varieties in terms of chemical characteristics are approximately in the same range. It is necessary to note the high content of the mass fraction of soluble solids on aver-

age 5.5%. Tomatoes have an elastic – solid structure. For storage and presentation, this is a good indicator. But this negatively affects the concentration process. At the first stages of the concentration process, caramelization and prigar begins. The quality and safety indicators of the product will decrease sharply.

It should be noted that tomatoes of varieties that are traditionally grown in China by chemical characteristics are better.

Table 2.3.1

Chemical characteristics of tomato varieties

Tomato variety	The ratio of soluble to insoluble substances (S/I)	Mass fraction of vita- min C, $X \cdot 10^{-3}\%$	Sugar- acid index
Varieties grown in China			
Lichun 丽春	5,8	20,9	14,3
Jinanfenhong 济南粉红	6,1	37,8	15,1
Ruixingdabao 瑞星大宝	4,8	24,4	10,8
Varieties grown in Ukraine			
Lagidny	6,6	22,6	11,0
Torch	5,5	28,5	16,0
Flora	4,7	18,4	12,0

There is a high content of the mass fraction of vitamin C. At the same time, there is a good ratio of the sugar-acid index. The sugar-acid index in tomatoes of all the studied varieties exceeds 7.0. In general, tomatoes of the studied varieties, which are traditionally grown in China and Ukraine, meet the established requirements.

Thus, according to the sum of indicators characterizing the suitability of tomatoes for the production of concentrated tomato products, tomatoes of the following varieties can be considered the most suitable: - Lichun 丽春; Jinanfenhong 济南粉红; Ruixingdabao 瑞星大宝; Lagidny; Torch; Flora. In tomatoes of the above varieties, the composition of polysaccharides was studied, which affect the viscosity of the tomato mass entering the concentration process. As follows from the above data, in Table 2.4, the main component of tomato pulp is fiber. In the studied tomato varieties, its content is predominant.

Analyzing the results of studies of the chemical composition of the pulp of tomatoes of different varieties, it can be concluded that tomatoes meet the requirements in terms of taste. The high fiber content prevents damage, thereby extending the shelf life. At the same time, these indicators negatively affect the technological performance. Such tomatoes are difficult to process, namely technological processes such as wiping, seed removal, concentration.

Table 2.4

Chemical composition of tomato pulp

Tomato variety	Mass fraction, %				
	Hemicellulose	Cellulose	Lignin	Pectin substances	
				Soluble forms	Insoluble forms
Varieties grown in China					
Lichun 丽春	0,6	0,79	0,38	0,2	0,57
Jinanfenhong 济南粉红	0,6	0,76	0,36	0,2	0,51
Ruixingdabao 瑞星大宝	0,6	0,78	0,43	0,2	0,51
Varieties grown in Ukraine					
Lagidny	0,5	0,83	0,35	0,2	0,55
Torch	0,6	0,76	0,32	0,2	0,56
Flora	0,7	0,92	0,41	0,2	0,48

It was decided to continue research, to study the manufacturability of tomatoes, the effects of processing processes and parameters on the quality of the finished tomato product.

Influence of thermal processes on the destruction of biologically active substances

Heat treatment dramatically affects the destruction of components that determine the nutritional value of concentrated tomato products. The nutritional value and organoleptic characteristics of tomatoes and their processed products are due to the presence of vitamins, carbohydrates, organic acids, nitrogenous and mineral substances, in particular, trace elements.

It is known that the most thermolabile components of tomatoes are vitamins, enzymes, proteins. Taking into account the peculiarities of the chemical composition

of tomatoes, as well as technological techniques used in the production of concentrated tomato products, studies were conducted on the effect of heat treatment on the destruction of ascorbic acid and the pigment complex of tomatoes. The pigment complex is represented by carotenoids and chlorophyll.

A stand – laboratory installation was developed for conducting research. At the installation, the following technical operations were carried out:

- crushing tomatoes;
- separation of tomato mass into fractions (white fraction, red fraction - pulp);
- blanching of whole tomatoes, tomato mass, tomato fractions, (white fraction, red fraction - pulp);
- wiping tomato masses.

The studies were carried out serially:

Series № 1 – The prepared tomatoes were washed, inspected, crushed, blanched with steam at a temperature ($t = 75 + 1^{\circ}\text{C}$), the mass was wiped in stages on sieves. The diameter of the sieve holes ($\phi = 3.0; 1.5; 0.4 \text{ mm}$)

Series № 2 – The prepared tomatoes were washed and inspected. Whole tomatoes, blanched with steam ($t = 75 + 1^{\circ}\text{C}$). Wiped in stages on sieves. The diameter of the sieve holes ($\phi = 1.8; 0.4 \text{ mm}$)

Series № 3 – The prepared tomatoes were washed and inspected. Tomatoes were crushed, blanched with steam at a temperature of ($t = 75 + 1^{\circ}\text{C}$). The mass was wiped on sieves. The diameter of the sieve holes ($\phi = 3.0; 1.5 \text{ mm}$). A white fraction, plasma, was separated from the tomato mass.

Series № 4 – The prepared tomatoes were washed and inspected. Tomatoes were crushed, blanched with steam at a temperature of ($t = 75 + 1^{\circ}\text{C}$). The mass was wiped on sieves. The diameter of the sieve holes is ($\phi = 3.0; 1.5 \text{ mm}$). The red fraction was separated from the tomato mass – pulp without plasma.

Series № 5 – The prepared tomatoes were washed and inspected. Tomato crushers. The diameter of the screen versts ($\phi = 30...35 \text{ mm}$). The mass was blanched

with steam at a temperature of $t = 85 \pm 3^\circ\text{C}$. The mass was wiped on sieves. The diameter of the sieve holes ($\phi = 1,7; 0,5 \text{ mm}$).

The results of studies of the effect of pretreatment methods on labile components of tomato pulp for fresh tomatoes are shown in Table 2.5

Table 2.5

**The effect of the heat treatment method
on the preservation of labile components ($n=3, P \geq 0,95$)**

Experience Series	Ascorbic acid	Total carotenoids	β - carotene
Series № 1	70,4	83,8	79,1
Series № 2	78,1	92,2	88,8
Series № 3	90,6	-	-
Series № 4	85,3	98,4	97,6
Series № 5	71,6	64,7	63,1

Ascorbic acid of the studied tomato pulp samples under various methods of pretreatment of raw materials with violation of the integrity of cells and subcellular structures undergoes a decrease from 9.4 to 28.4%. Changes in carotenoids, the content of which is significant in tomatoes, also have certain trends. It should be noted that studies conducted for total carotenoids and β -carotene correlate with data obtained on changes in vitamin C content.

From the results obtained, it should also be concluded that both ascorbic acid and the carotenoid complex of tomatoes can undergo enzymatic changes at the initial stages of thermal influence. When the subcellular structures of tomatoes are damaged during crushing, oxygen from the intercellular spaces and air affects the protoplasm components, activating oxidative reactions. The intensification of this process occurs due to the release of intracellular enzymes. Thus, during the inactivation of the enzyme complex and the removal of air from the intercellular structures of tomatoes by blanching after crushing. The loss of vitamin C by 7.5%, and beta-carotene – by 13.7% higher than during the heat treatment of whole tomatoes.

The degree of mechanical action has a greater effect on the loss of ascorbic acid - up to 20.2%, to a lesser extent on the loss of carotenoids – up to 14.6%. How-

ever, according to the results of the experiment, it can be argued that the maximum destructive effect is precisely heat treatment, and not mechanical grinding.

Since carotenoids, in particular, lycopene, whose content in tomatoes is dominant, β -carotene and others, are chromophores that cause the natural color of tomatoes; their destruction is a factor that reduces the quality of concentrated tomato products in organoleptic indicators and biological value.

Chromophores are also other components of a non-carotenoid nature that are part of tomatoes. Chlorophylls contained in the chloroplasts of all plant organisms cause the green color of tomatoes. In mature tomatoes, the content of chlorophylls is insignificant, so the predominant carotenoid complex masks green tones. However, these photosynthetic pigments, being highly thermolabile, can significantly influence the color formation of concentrated tomato products.

We have studied the effect of the total thermal effect on tomato mass during processing on concentrated tomato products, namely, the effect of thermal effect on the kinetics of decomposition of the pigment complex of tomatoes – carotenoids and chlorophylls (α) and (β).

Analysis of the kinetics of the decay of labile components is possible by analogy with the description of the death of microorganisms during thermal exposure, provided that the dependence of the concentration of the ingredient on the processing time in a semi-logarithmic coordinate system is linear.

The results of experimental studies on the effect of thermal exposure on the labile parameters of the pigment complex of tomato exposure are shown in Table 2.6.

Table 2.6

**The influence of temperature on the factor of preserving
the nutritional value of tomatoes**

Processing temperature, $^\circ\text{C}$	Values of D, conditional. minutes	Processing temperature, $^\circ\text{C}$	Values of D, conditional. minutes
60	1520	100	570
70	1290	120	210
80	980	125	160

The analysis of the obtained results allows us to draw a number of conclusions important for the technology of tomato processing in the production of concentrated tomato products. The value D, which characterizes the duration of processing tomato pulp in a constant temperature field, as a result of which the value of the recorded indicator decreases by 10 times, gradually decreases at temperatures from 60 to 80 °C, then drops sharply at a temperature of 80 °C in comparison with 100, 120 and 125 °C.

It is known from literature sources that the change in the content of carotenoids when boiling tomato mass at a temperature of 60 °C under vacuum pressure entails, during the first 30 minutes, losses of carotenoids, including β -carotene (provitamin A), significantly higher (22-31%) than at 80 °C and 100 °C. This is explained by the fact that at higher temperatures oxygen is removed from the tomato mass more intensively than oxidative transformations of carotenoids occur. In addition, the oxidation of polyene pigments and chlorophylls follows an enzymatic pathway in the presence of oxide (peroxidases, lipoxidases, perlipoxidases), which retain their activity at 60 °C [45].

The values of D obtained by us at different processing temperatures correlate with the available information.

To prevent the enzymatic destruction of carotenoids and chlorophylls, it is necessary to apply a blanching technique with a processing temperature above 65±5 °C.

However, from the experimental data obtained by us, at a processing temperature of 80 °C and above, a sharp decrease in the values of D is observed, which indicates an increase in the decay rate of the pigment complex. This is due to two main reasons. Firstly, due to non-enzymatic oxidative transformations that intensify with increasing temperature and are caused by double oxidation (co-oxidation) of carotenoids, as well as the action of oxygen, catalysis of degradation reactions of the pigment complex by metal ions and acids. Secondly, at temperatures above 80 °C, the cellular structures of the raw materials are rearranged, accompanied by a significant increase in the lability of individual ingredients.

Such trends, in all probability, should be associated with the peculiarities of the state of the components of the pigment complex and the strength of the bond of carotenoids and chlorophylls with proteins and lipids.

It is known that weakly bound carotenoids and chlorophylls are an association of pigments with proteins, strongly bound – with lipoproteins. It should be noted that the proportion of carotenoids and chlorophylls from their total amount in tomatoes is free - 35.8 and 72.9%, weakly bound – 54.3 and 21.7%, strongly bound – 9.9 and 5.4%, respectively [52]. At the same time, it should be pointed out that the largest share in the total composition of the pigment complex of tomatoes is occupied by free and loosely bound forms of carotenoids and chlorophylls, which are most susceptible to thermal degradation during technological processing into concentrated tomato products.

Based on the above characteristics of the tomato pigment complex, namely its high thermal stability, for an objective assessment of the effect of the parameters of the technology with a view to its subsequent rationalization, it is advisable to monitor changes in the quality of raw materials in terms of the total content of carotenoids and chlorophylls in concentrated tomato products.

The degree of destruction of carotenoids and chlorophylls when determining them by the spectrophotometric method makes it possible to include this indicator among the recommended criteria for the quality control parameter of the product. Taking into account the general tendency of destruction of carotenoids and their representatives with provitamin activity, the degree of destruction of the total pigment complex can be judged not only on the organoleptic characteristics of the finished product, but also on its biological value.

The comparative simplicity of express spectrophotometry methods in the determination of carotenoids and chlorophylls, make it possible to establish express automated control of the parameters of the functioning of the technological process and its improvement in order to ensure the guaranteed quality of the finished product.

The application of the method of Professor B. Flaumenbaum on the mathematical determination of the effectiveness of thermal exposure to achieve the necessary degree of sterility of canned products [33] made it possible to calculate the level of degradation of the labile pigment complex of tomatoes during heat treatment under variable temperature field conditions. Using the least squares method, the rate constants of degradation reactions K (c^{-1}), the thermal stability constants D (conditional minutes) and Z ($^{\circ}C$) were obtained, the activation energy values E_a (cal/mol) were empirically determined. The calculation results are shown in Tables 2.7 - 2.8.

For the rate of degradation of the sum of pigments that cause the coloring of the product, (carotenoids + chlorophylls (α) and (β)) the activation energy will be equal to: $E_A=2157,4$ cal/mol; $Z=62.5^{\circ}C$

Table 2.7

Characteristic of the degradation rate (K) of the total amount of labile pigments of tomatoes (carotenoids +chlorophylls (α) and (β)) at $\tau_{1/10}$

Processing temperature, $^{\circ}C$	Value $K \cdot 10^{-4}, c^{-1}$	Processing temperature, $^{\circ}C$	Value $K \cdot 10^{-4}, c^{-1}$
60	15,15	100	40,40
70	17,85	120	109,67
80	23,50	125	143,94

According to the data obtained, an increase in temperature by $60^{\circ}C$ (in the range from $60^{\circ}C$ to $120^{\circ}C$) increases the rate constant of pigment decay by 7.24 times, and the half-life, respectively, decreases. Sufficiently rapid rates of increase in the decay rate constants of the pigment complex, as well as the thermal stability index Z , which characterizes the temperature increase ($^{\circ}C$) necessary to reduce the destruction rate of the pigment complex by 10 times, allow us to confirm the previously made conclusions about the sufficiently high thermal stability of tomato pigments associated with their chemical structure and a large proportion of free and loosely bound components. The thermal stability of the pigment complex is also affected by the presence of acids, which tomatoes are rich in, and a small amount of easily soluble proteins, which can have a protective effect on pigments.

The obtained values of K for the labile pigment complex of tomatoes allow us to objectively compare the developed technologies for the production of concentrated tomato products from the point of view of the influence of technological processing modes on the indicators of organoleptic and biological value.

When the pigments are destroyed, their decay products are formed, which may not have color or may be colored. The destruction of carotenoids is associated with their discoloration, while the mechanism of destruction of chlorophylls involves the loss of magnesium by the porphyrin core and, consequently, the formation of pheophytins with an olive-brown color.

The determination of the labile quality index of tomato products and the study of its kinetic characteristics under thermal exposure (E_a) determines the scientific justification of technological modes for obtaining concentrated tomato products, however, the biological features of tomatoes, in particular, the high content of the carotenoid complex, firmly connected with the pulp of tomatoes. There are suggestions to start searching for other ways to preserve quality, such technological techniques that would reduce the thermal load on the pulp with the pigment complex adsorbed on it in the production of concentrated tomato products.

The effect of thermal exposure on changes in the color scheme of tomato mass

In the production of concentrated tomato products, fresh tomatoes, and specifically the components – all biologically active substances of tomatoes, undergo changes. Dark-colored compounds are formed. The change in the color of tomato processing products, the accumulation of dark tones not only worsens the organoleptic quality indicators of the finished product, reduces its nutritional and biological value, but also indicates the destruction of the natural pigment complex of raw materials.

The results of the study of the chemical composition of tomatoes described above showed that tomatoes contain a diverse carotenoid complex, the main representative of which is lycopene – up to 68%, phytoin – up to 55%, at the same time,

carotenes are contained to a lesser extent, and account for up to 2% of the total number of carotenoids.

We investigated changes in the carotenoid composition, the amount of chlorophylls (α) and (β), as well as the color characteristics of tomato pulp depending on the type of processing. The results of the studies are presented in Table 2.8.

To set up the experiment, crushed tomatoes were blanched with different temperature conditions and exposure time, compared with crushed tomatoes without heat treatment, the exposure time was 20 minutes.

It follows from the experimental results that the pigment complex of tomatoes is susceptible to enzymatic destruction by oxidases (crushing option without heat treatment), while the degree of destruction of carotenoids reaches 39.2%, and chlorophylls – 64.6%.

Table 2.8

The effect of pretreatment on changes in the pigment complex and the color of tomato pulp, % to fresh tomatoes

Technological operation	Carotenoids loss						Chlorophyll losses		Changing the color *
	lyco-pene	phy-toin	β -caro-tene	α -caro-tene	γ -caro-tene	ξ -caro-tene	(α)	(β)	
Crushing (control, $\tau=20$ min)	28,4	39,2	34,4	30,1	27,7	33,0	51,6	23,8	6
Steam blanching ($t=75^{\circ}\text{C}$, $\tau=10$ min)	1,7	1,9	1,3	1,2	0,9	1,0	62,3	19,7	3
Steam blanching ($t=85^{\circ}\text{C}$, $\tau=15$ min)	4,2	5,4	4,8	3,7	3,3	3,9	74,3	29,7	9
Steam blanching ($t=100^{\circ}\text{C}$, $\tau=20$ min)	36,8	41,2	38,7	32,4	28,7	34,9	89,1	34,9	11
Note. * - according to Tomakolor, Δ is the division of the conditional scale to the initial one in fresh raw materials									

The maximum preservation of the pigment complex was observed in the case of minimal heat treatment (option $t = 75^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ min.), however, with the inactiva-

tion of the native enzyme complex of tomatoes. In this case, carotenoids were preserved better, losses amounted to only 0.9- 1.9%, losses of the chlorophyll complex had the same trends – up to 62.3%.

The maximum losses of carotenoids and chlorophylls were noted in the variant with treatment in the mode $t = 100^{\circ}\text{C}$, $\tau = 20$ min. – 41.2 and 89. 1%, respectively.

It should be noted that during the separation, identification and quantification of individual carotenoids, their different ability to destroy was found. At the same time, there are clearly general trends of light destruction in certain carotenoids, both in the case of enzymatic and thermal degradation. Thus, the maximum losses were observed in phytoin in all variants of the experiment, its losses amounted to 41.2%; γ -carotene is the most stable of the identified tomato carotenoids (up to 28.7%).

The destruction of chlorophyll components also has obvious tendencies, regardless of the factors of influence: enzymatic or thermal nature. Thus, the destruction of chlorophyll (α) exceeds the loss of chlorophyll (β) by 2 times in the variant without heat treatment, in the variant with rigid heat treatment, these indicators differ by almost 3 times.

From this we can conclude about the high instability of chlorophylls under technological influence – grinding, heat treatment.

The obtained results of quantitative determinations of pigments correlate with the change in the color of the tomato mass.

Minimal changes in the indicator were observed with mild thermal inactivation of enzymes – color change only in 3 divisions of the conditional scale, maximum – with severe thermal exposure – up to 9 divisions of the conditional scale. Analyzing the results obtained, it becomes obvious that the color change of tomato pulp depends on the degree of destruction of pigments, and since the products of destruction of carotenoids are slightly colored or unpainted, the main contribution to the color change is made by the products of destruction of chlorophylls having dark, brown color – pheophytins and pheophorbids – and this is the reason for the color changes of the product.

Consequently, the destruction of the pigment complex of tomatoes has an enzymatic and non-enzymatic nature. However, the thermal effect has a greater effect on the change in the color of the tomato mass.

To study and establish the potential reactivity, resistance to discoloration, as a result of heat treatment, as well as the result of the influence on the organoleptic qualities of concentrated tomato products and their biological value, the biosynthesis of carotenoids in tomatoes and their absorption maxima of absorption were analyzed.

In the literature there are scattered data on the schemes of transformation and accumulation of carotenoids in tomato raw materials [35,56].

Biosynthesis of carotenoids in vivo proceeds from the most easily degradable compound to a more stable one, the results of the experiment on carotenoid losses during processing, given in Table 2.8, fully confirm the above and generalized scheme of carotenoid biosynthesis.

The diversity of the composition and mass fraction of carotenoids in tomatoes explains their different form of preservation during processing. The products of the initial decay of carotenoids are apo-, seco- and norcarotinoids, the final ones are various epoxides.

The potential resistance of carotenoids to destruction is mainly related to their chemical structure, namely, the number of conjugated double bonds, the presence of cycles included in the molecule that cause their reactivity. The structural features of polyene substances affect their chromophore properties [55], in particular, the absorption maxima of carotenoid absorption.

When carotenoids degrade at the initial stages, the number of conjugated double bonds in the molecule changes, absorption maxima due to the bathochromic effect shift towards lower waves, which leads to a weakening of the color.

The analysis of the data given in Table 2.9, as well as the initial amount and change in the content of individual carotenoids in tomato pulp, depending on the thermal effect on raw materials, allows us to conclude that the largest contribution to the color of tomato mass is accounted for by lycopene. The destruction of lycopene

during heat treatment leads to its discoloration, and, as a consequence, a change in the color of the tomato mass.

Table 2.9

The effect of the number of conjugated double bonds and the ring structure on the absorption maxima of individual carotenoids (petroleum ether)

Carotenoid		Quantity in a molecule	Absorption maxima, nm		
Phytoin	Conjugated double bonds	3	275	285	296
Phytofluen		5	331	348	367
ξ - carotene		7	378	400	425
Neurosporin		9	416	440	470
Lycopene	Cyclic components	11	446	472	505
γ - carotene		11	431	462	495
β - carotene		11	425	451	483

Tomatoes contain up to 120 mg / 100 g of chlorophyll solids, which are also involved in the formation of tomato coloring. Basically, the chlorophyll component of the tomato pigment complex is represented by two types of chlorophylls: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ – chlorophyll (α); $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ – chlorophyll (β).

The chlorophyll molecule contains a large number of unsaturation centers, in particular, as in carotenoids, a system of conjugated double bonds. Such features of the chemical structure of porphyrins and their derivatives cause not only chromophoric properties, but also high reactivity.

It follows from Table 2.8 that it is the chlorophyll component of the tomato pigment complex that is the most unstable.

According to the results of our research and the opinion of some scientists, chlorophylls are easily destroyed by the action of light, heat, chemical agents, which can be stated by reducing the maxima of absorption spectra (Table 2.10).

The products of chlorophyll destruction are more stable than the starting substance formed without magnesium forms: pheophytins and pheophorbides. They have significant differences in their color characteristics, namely, the significant content of chlorophylls in the feedstock gives concentrated tomato products an unattractive dark brown color.

Table 2.10

Spectral characteristics of chlorophylls

Indicator	Maxima of absorption spectra, nm						
Chlorophyll (α)	660,0 (main)	612,5	572,5	527,5	497,5	427,5	410,0
Chlorophyll (β)	642,5	592,5	567,5	547,5	502,5	452,5	430,0

The obtained results on the study of the effect of heat treatment on the destruction of chlorophylls (α) and (β) showed that the destruction process begins already at the temperature of vacuum concentration of tomato pulp – at 60 °C. With an increase in temperature and exposure time, chlorophylls are destroyed almost completely (losses are up to 80% relative to the initial content in tomato pulp). The acidity of tomatoes affects the rate and path of physico-chemical destruction of chlorophylls.

The accumulation of chlorophyll degradation products at the initial stages is insignificant. It should be noted that with the structural modification of chlorophyll, analogues of the (α)-series are formed from the (α)-form, and analogues of the (β)-series are formed from chlorophyll (β). In this regard, experimental data indicate a high instability of chlorophyll (α), since even at the stage of the absence of thermal effects on the tomato pulp, insignificant amounts of pheophytin (α) were observed.

Pheophorbides, as products of deeper transformations, are formed in smaller quantities than pheophytins. However, already when heated to a temperature of 60 °C, the same tendency of high instability of chlorophylls (α) is observed, with the formation of not only theophytins (α)-series, but also theophorbides (α) in insignificant quantities.

The increase in temperature and duration of thermal action on the tomato pulp is in direct correlation not only with the depth of destructive transformations of the chlorophyll complex, but also with the change in the color of the tomato pulp.

Trends in the accumulation of pheophytins and pheophorbides are in full accordance with the change in the color of tomato pulp, which indicates their significant contribution to the formation of organoleptic indicators of tomato products.

Table 2.11

The effect of thermal exposure on the destruction of chlorophylls and the change in the color of tomato pulp

Type of tomato pulp processing	Content in mg/100 g of dry substances						Changing the color *
	chlorophylls		theophytines		pheophytin		
	(α)	(β)	(α)	(β)	(α)	(β)	
Without processing (control)	43,12	25,84	1,54	-	-	-	0,0
Warm-up t=60 °C, τ=10 min.	32,45	24,03	9,82	1,07	0,96	-	3,5
Warming up t=85 °C, τ=15 min.	22,12	21,04	20,03	3,87	1,86	0,93	7,0
Warming up t=100 °C, τ=20 min.	9,38	12,48	31,10	10,19	3,49	3,02	12,5
Note.*- according to the Tomacolor device, Δ division . conditional scale to control							

The formation of the color of concentrated tomato products depends not only on the discoloration of carotenoids and the transformation of chlorophylls. In the process of concentrating the crushed multicomponent tomato system, various chemical transformations occur due to a number of factors.

The problem of the formation and accumulation of dark-colored compounds during the processing of tomatoes was paid attention by some researchers [14, 64], who noted that the accumulation of dark tones is facilitated by the oxidation of various substances, namely tyrosine, di- and triphenols, pyrocatechin and other compounds with the formation of melanins, as well as the Maillard reaction, formation of furfural, hydroxy- and oxymethylfurfural (OMF), polyphenolamines, phlobafenes and other compounds.

Considering that the heat treatment of tomato mass during its concentration leads to discoloration of the carotenoid complex, the natural coloring of the raw material becomes less intense and does not hide the dark-colored newly formed oxidation products.

It should also be noted that the increase in the concentration of system components during the concentration of tomato pulp mass contributes to an increase in the rate of nutrient involvement in transformation reactions.

The change in the quality indicators of tomatoes during heat treatment is associated with a change in the pigment complex of raw materials, as well as involvement in transformations of various chemical nature, accompanied by the accumulation of dark-colored products of almost all components of chemical composition - proteins, amino acids, oligo- and monosaccharides.

Since the coloring of concentrated tomato products is a complex characteristic and depends on the presence of various chromophore groups, their destruction in pigments and accumulation during heat treatment and the entire technological process of concentrating dark-colored compounds of various natures changes the brightness and purity of color.

To quantify the accumulation of products, the color change from red to saturated brown, as a result of heating, we conducted an experiment similar to the study of the kinetics of the decay of labile ingredients of tomato mass.

To set up the experiment, the tomato pulp was sealed in thin glass ampoules and warmed up in the temperature range from 60 to 125 °C. The appearance of accumulation of dark-colored compounds indicated a change in the color of tomato pulp. The studies were carried out according to the standard method on the Tomacolor device. The average statistical data were subjected to regression analysis, then the constants D and Z were determined from the regression equations, characterizing the rate of accumulation of dark-colored compounds in the tomato mass, depending on the duration and temperature of heat treatment. The results of the experimental studies and calculations are summarized in Table 2.12.

The analysis of the obtained results indicates that the color change of the tomato pulp mass occurs at a more accelerated rate than the degradation of the pigment complex (on average by 1.7 ...2 times). Therefore, dark-colored products of the inter-

action of various substances of tomatoes are an important component in the formation of the color of the finished concentrated tomato products.

Table 2.12

**Changes in the total color index of tomato mass
(accumulation of dark-colored compounds) under thermal exposure**

Exposure temperature , °C	Values of D, conditional minutes	Processing temperature , °C	Values of D, conditional minutes
60	725	100	225
70	590	120	108
80	385	125	81

Z=41°C

The combined effect of the weakening of the color of the natural pigment complex and the formation of dark-colored compounds leads to an undesirable change in the organoleptic characteristics of the finished product. The search for solutions to this problem can be based on the use of new methods and technological techniques in the production of concentrated tomato products based on the regulation and prevention of undesirable processes affecting the quality of finished products.

Colloidal-chemical characteristics of tomato mass

The mashed tomato pulp coming from the wiping machine into the evaporation apparatus for concentration is a multicomponent physico-chemical system with certain properties.

The main features of tomato pulp include its pronounced polydispersity and hydrophilicity. The presence of substances in the pulp in the form of molecules and ions – sugars, organic acids, ash elements – practically does not affect its rheological properties. The viscosity of the mashed tomato mass is caused by substances in the colloidal state and the coarse phase.

The colloidal phase of tomato pulp is mainly represented by pectin substances, partially hemicelluloses and tomato proteins. Individual pulp particles, the size of which is 0.2-800 microns, form a coarse-dispersed phase. The most important thing for the concentration process is the suspended pulp fraction, substances insoluble in juice.

The second characteristic feature of tomato pulp is its high hydrophilicity, depending on the presence of pectin substances, starch, and proteins in the system. The raw material – tomatoes – is rich in hydrophilic components, which can complicate the technological process of boiling when obtaining concentrated tomato products: up to 2.9% of pectin substances; starch content can reach 6.4% in terms of dry matter.

It should be noted that during thermal exposure (heating of the tomato pulp in the heater under the influence of vacuum, the actual process of concentration in evaporators), the content of soluble pectin in the tomato pulp increases relative to the initial one, which is explained by the hydrolysis of protopectin. The total hydrophilicity of the system during pulp processing increases not only due to hydrolysis, an increase in this indicator is also associated with thermal gelatinization of starch and coagulation of proteins. In the production of concentrated tomato products, both the dispersion of the system and its hydrophilicity have a great influence on the change in the rheological parameters of tomato masses.

It was found that with an increase in the molecular weight of the solute molecules, the amount of bound moisture increases. Accordingly, the polymers that make up the food product, binding water, increase the viscosity of the system. This fully applies to both proteins dissolved in the liquid phase of tomato pulp and polysaccharides. The content of the latter increases relatively due to the transition of protopectin to soluble pectin during heat treatment or the action of pectolytic enzymes.

The pulp of tomatoes, in which the fiber content increases by the end of the ripening process, is also able to bind water. As a result, the increasing amount of bound water increases the viscosity of the tomato mass and does not allow it to concentrate up to 30% of dry matter.

The factors listed above during the concentration process lead to:

- a sharp decrease in the convection of the boiled mass;
- settling of coarse dispersed particles on the heating surface of the equipment, which leads to the formation of carbon deposits.

To study the content of bound water in tomato masses, the amount of alcohol-insoluble substances in tomatoes was determined. The value of this indicator correlates with the ability of this system to moisture binding. Alcohol insoluble substances include not only the pulp itself, but also high-molecular compounds precipitated by alcohol from the liquid phase: cellulose, pectin substances, proteins.

The results of studies of the content of alcohol-soluble substances in tomatoes of mechanized harvesting varieties are shown in Table 2.13.

Table 2.13

Alcohol-soluble substances of tomatoes of mechanized harvesting varieties

Tomato variety	Composition of alcohol- soluble substances, %			
	total, % by weight of tomatoes	composition, % (by weight of alcohol- soluble substances)		
		protein	pectin substances	cellulose
Varieties grown in China				
Lichun 丽春	1,49	20,1	22,6	27,8
Jinanfenhong 济南粉红	1,31	18,0	22,9	24,4
Ruixingdabao 瑞星大宝	1,58	23,2	20,7	25,6
Varieties grown in Ukraine				
Lagidny	1,25	24,1	23,8	26,5
Torch	1,57	17,9	20,5	28,7
Flora	1,34	18,4	21,9	27,3

In alcohol-soluble substances, the mass fraction of some constituent components was determined, the effect of which on the viscosity of the system is particularly significant - cellulose, nitrogen-containing and pectin substances.

The research results showed that for varieties of tomatoes of mechanized harvesting, the protein content varies from 15.8 to 24.1% of the total weight of the alcohol-insoluble residue, pectin substances are approximately at the same level – 20.5 ...24.3%. Cellulose plays an essential role in the formation of the hydrophilicity of the system, based on its structural characteristics - friability, fibrousness, and the amount – from 22.7 to 28.7% in the total weight of alcohol-soluble tomato residue.

It is established that there is a strict correlation between the content of alcohol-insoluble substances in tomatoes and the viscosity of the juice obtained from

them. Based on the analysis of the chemical composition of tomatoes, the varieties of mechanized harvesting are characterized by a high content of fiber, lignin, protopectin, pentosans, which provide a high water absorption capacity of the pulp, which is consistent with the results of the study of alcohol-insoluble substances of tomatoes.

To study the effect of the content of pulp components on the rheological properties of tomato mass, the change in relative viscosity during the technological cycle of production of concentrated tomato products was investigated. The results of the study are presented in Table 2.14.

Table 2.14

Viscosity of tomato products

Concentration of tomato products, % of solids	Relative viscosity, at temperature	
	20°C	80°C
Tomato mass - pulp after the wiping process, 5 %	1,1	1,03
Tomato puree, 12 %	2,5	1,57
Tomato puree, 14 %	11,0	6,5
Tomato paste, 19,3 %	28,0	14,5
Tomato paste, 24,7 %	145	58,7
Tomato paste, 29,6 %	423	148,5

The rate of increase in the viscosity of boiled tomato masses is directly dependent on the content of soluble solids in them. As the concentration of dry substances increases, the viscosity increases and the convection in the system decreases, which is explained by the increasing resistance of the medium with respect to particles moving during convection. Thus, the relative viscosity of tomato paste with 29.6% of solids exceeds the viscosity of tomato pulp by 384.5 times.

As the obtained research data have shown, they indicate that the relative viscosity of tomato pulp during boiling increases especially sharply when the concentration of dry substances reaches about 20%, which is explained by the achievement of a critical concentration by the system, when almost all the remaining moisture is in a bound state.

Dispersed composition of tomato mass, as the main factor influencing the concentration rate

The technological process of wiping tomatoes, during the formation of tomato pulp, is based on changing the size of the particles of tomato pulp. The dispersed composition of tomatoes affects the rheological properties of the tomato mass, which, in turn, determines the quality of concentrated tomato products.

We have studied the effect of the dispersed composition of tomato pulp depending on the method of its preparation, as well as the effect of the degree of dispersion of insoluble dry matter of tomatoes on its rheological properties. The fractional composition of insoluble solids was determined by the method proposed by A. Diakonova, which varied depending on the mode of operation of the cleaning unit. The results of the study are presented in Table 2.15.

Table 2.15

The effect of the degree of dispersion on the viscosity of tomato pulp

Diameter of holes, mm	Fractional composition of insoluble substances			Relative viscosity
	pulp particles, % to the mass of insoluble substances			
	15- 150 microns	150-300 microns	>300 microns	
1,5	93,6	2,7	3,7	1,059
0,75	96,9	1,2	1,9	1,055
0,5	97,7	1,5	1,2	1,056
1,5 and 0,4	98,4	0,9	0,6	1,061

As studies have shown, as the fine fraction in the tomato pulp increases, the relative viscosity of the system increases slightly.

When grinding tomato mass on sieves with a hole diameter from 1.5 to 0.5 mm, the relative viscosity index increases only 1,002 times. Consequently, the dispersed composition of tomato pulp at the initial stages of the technological process does not have a significant effect on its rheological parameters.

With finer grinding of tomatoes, the degree of destruction of plant tissue cells increases, which, as is known, leads to an increase in the maximum release of juice. We have conducted a series of experimental studies of the effect of the method of

pretreatment of tomato mass on the rate of evaporation of moisture during concentration.

To study the method of preparing tomato pulp before concentration, a stand was designed and manufactured. The equipment of the stand performs the following technological operations: heating of whole tomatoes, crushing of tomatoes, separation of tomato mass into fractions, concentration of the liquid phase.

The scheme of operation of the equipment of the stand is organized as follows: tomatoes and steam are fed into the working chamber. Steam pressure and product temperature are monitored using a pressure gauge, an automatic potentiometer with a thermocouple as a sensor. The design of the wiping unit allows you to divide the mashed tomato mass into two fractions. The ring mounted on the armor of the sieve drum divides its working length into two parts. From the outside, the separation ring has a rubber gasket pressed against the inner surface of the protective casing. The fractions of the tomato mass exit through separate pipes into prefabricated containers installed under the working part of the machine. A different ratio between the volumes of the resulting fractions is achieved by moving the ring on the armor of the sieve drum. The stand is equipped with equipment for boiling, which allows non-contact heating of crushed tomatoes, in which saturated steam is used as a heat carrier. The duration of keeping tomatoes in the brewer is regulated by the speed variator of the screw.

The evaporation chamber is equipped with a thermocouple, a sampling device and an agitator. The vacuum in the evaporation chamber, the degree of which is adjusted depending on the concentration of the product and the set concentration temperature, is achieved using a vacuum pump.

Prepared samples of tomato pulp of various degrees of grinding were subjected to evaporation under the same conditions. With a periodicity of 15 minutes, samples were taken from the samples to determine the content of soluble solids in them (according to the refractometer device).

The obtained experimental data on the study of the rate of evaporation of moisture from tomato pulp of various degrees of dispersion are given in Table 2.16.

Table 2.16

The effect of the degree of dispersion of tomato mass on the rate of evaporation of moisture

Number of wipes	The diameter of the sieve holes or the size of the gap in the col- loid mill	The dry matter content according to the re- fractometer after evaporation for, minutes			
		30	45	60	75
Experiment 1. The initial dry matter content in tomatoes is 5.8 %					
1	1,5	7,2	8,0	12,8	21,4
2	1,5 and 0,75	7,2	8,6	13,6	23,6
2	1,0 and 0,5	8,2	10,2	16,2	27,2
Experiment 2. The initial dry matter content in tomatoes is 6.7 %					
2	1,5 and 0,75	8,8	11,0	13,8	17,2
3	1,5; 0,75 and 0,75	8,8	11,2	14,4	18,8
4	1,5; 0,75; 0,75 and 0,75	8,8	12,0	14,8	20,2
3	1,5; 0,75 and 0,5	9,0	12,5	20,0	31,0

In each series of experiments, the same batch of tomato pulp was passed through a wiping machine with different sieve diameters or through a colloidal mill. In some variants, two-, three- and four-fold wiping was used.

As *Experiment 1* has shown, when grinding tomato pulp on sieves with a hole diameter of up to 1.5 mm, the dry matter content during boiling for 75 minutes is 21.4%. Samples of the same batch of tomato pulp with a different dispersed composition of the insoluble fraction, which were obtained by wiping on sieves with a diameter of up to 0.5 mm, during the same period of concentration, contained 5.8% more solids.

In *Experiment 2*, where the initial dry matter content in the tomato pulp was higher, the concentration rate of the tomato mass was higher. Similar research conditions showed a 13.8% increase in dry matter over the same period of time.

The presence of a clear dependence of the increase in the rate of evaporation of moisture from the tomato pulp with an increase in the content of the fine fraction in its composition is also obvious. In experiment 2, two-, three- and four-fold wiping were used, while with the same sieve diameters, double wiping allows increasing the

dry matter content for the same period of moisture evaporation by 1.6%, and three-fold - by 3%.

The practical significance of the conducted research is to reduce the time of heat treatment of tomato pulp and, as a result, to reduce energy consumption, the duration of the technological cycle, losses of biologically active thermolabile components of raw materials.

Study of rheological characteristics of tomato pulp with different content of solid fraction

Tomato pulp is a complex physico-chemical system represented by a liquid fraction with a solid insoluble phase suspended in it. As mentioned above, suspended particles are represented by substances that are hydrophilic compounds in their chemical structure.

Studies of the chemical composition of tomatoes, the results presented above, have shown a significant content of polymers with moisture-binding ability: hemicellulose, cellulose, lignin, pectin substances, proteins.

The presence of fiber causes friability and, in combination with protopectin, pentosans and protein compounds, a high water absorption capacity of tomato pulp.

The studies cited above have shown that the preliminary preparation of tomato pulp before concentration, which causes an increase in the quantitative content of the fine fraction in it, allows to increase the concentration rate, but does not make it possible to reduce the viscosity of the tomato mass. This fact served as the basis for studying the influence of the number of undissolved pulp particles, as the dominant factor in the formation of the viscosity of the system, on the rheological properties of tomato pulp.

The next stage of experimental research was to study the relative viscosity of tomato mass with different contents of suspended pulp particles. The object of the study was tomato products in their initial state, with partial as well as complete separation of the solid suspended phase (pulp) from plasma at various temperatures.

The viscosity of the tomato mass, from which the solid phase (pulp) has been removed, increases by 6.19 times at a temperature of 20 °C and only 2.2 times at a temperature of 75 °C with an increase in the content of soluble solids from 6 to 30%.

The concentration of tomato pulp of the usual fractional composition to a dry matter content of 30% is accompanied by an increase in relative viscosity by 384.55 and 139.03 times, respectively. Even partial separation of suspended pulp particles (10% by pulp weight) can reduce the viscosity of the system by 88.23% at a temperature of 20 °C and by 87.15% at a temperature of 75 °C.

The results obtained allow us to conclude that it is the presence of suspended pulp particles that leads to a complication of the process of obtaining concentrated tomato products in production conditions. Consequently, separation of the solid phase of the tomato pulp with subsequent concentration of the liquid part (plasma) can avoid the settling of coarse particles on the surface of the equipment and significantly improve the ability of the boiled system to convection by reducing the relative viscosity of the system of concentrated tomato products in production conditions.

We studied the preliminary separation of suspended tomato pulp particles from the liquid phase as a factor in reducing the viscosity of the system. To do this, phase separation was carried out, followed by separate concentration of the liquid part (plasma).

The liquid phase after separation of suspended particles can be concentrated to a dry matter content of 80% in it, while the viscosity of such a concentrate will only slightly exceed the viscosity of the usual 20% tomato puree. Further mixing of the concentrated plasma with the initially separated pulp can be a way to obtain concentrated tomato products.

III. PRODUCTION TECHNOLOGIES CONCENTRATED TOMATO PRODUCTS BY FRACTIONATION OF TOMATO PULP

The maximum preservation of the natural properties, biologically active substances of tomatoes in the production of concentrated tomato products is the main

task. The results of preliminary rheology studies have shown that in order to solve this problem, it is necessary to develop a method for fractionating tomatoes, the concentration parameters of the liquid phase, the ratio of its connection with the pulp and the regime parameters for preserving the resulting product.

The influence of tomato pretreatment methods on the fractionation process

To implement the proposed technological scheme, studies were conducted to study the effect of pretreatment of tomatoes on the technological characteristics of the mashed tomato mass.

Studies on the preparation of tomato mass were aimed at obtaining pulp with a reduced content of insoluble solids using the equipment of the experimental stand, as well as existing and used in the food industry, by changing the operating parameters of tomato processing.

Four methods of processing tomatoes were investigated, and the traditional method given in the technological instructions for the production of concentrated tomato products (*method 1*) was used as a control.

Method 1 – control. Whole tomatoes of mechanized harvesting were washed, inspected, then crushed and the seeds were separated, rough wiping was carried out (the diameter of the sieves was 5 mm). The mashed mass was sent to the mixing process at a temperature of $75 \pm 5^\circ\text{C}$, then crushed on wiping machines (sieve size 3.0; 1.5; 0.4 mm) and fed for concentration.

Method 2 Whole tomatoes of mechanized harvesting were washed, inspected, steamed until a temperature of $75 \pm 1^\circ\text{C}$ was reached in the center of the fruit, the seeds and skins were separated, then wiped, wiping was carried out on washing machines (the diameter of the sieves was 1.8 and 0.4 mm).

Method 3. Washing, sorting, blanching and separation of the skin was carried out similarly to **Method 2**, wiping was carried out on wiping machines (the diameter of the sieve hole is 3.0 and 1.5 mm) and divided into two fractions: liquid fraction (juice - plasma) and thick mass (after juice separation).

Method 4. Whole tomatoes of mechanized harvesting were washed, inspected, steamed until a temperature of $85 \pm 3^\circ\text{C}$ was reached in the center of the fruit, the liquid mass (juice) was separated on the drain, the solid phase-the pulp was wiped on the wiping machines sequentially (the diameter of the sieve holes 5.0; 3.5; 1.8; 1.5 mm), then finished (diameter 0.4 mm).

Method 5. Whole tomatoes of mechanized harvesting were washed, inspected, crushed into pieces from 25 to 30 mm, boiled at a temperature of $85 \pm 3^\circ\text{C}$, seeds and skins were separated on seed separation equipment, then wiped on a wiping machine (the diameter of the sieve holes is 1.5 and 0.5 mm).

The characteristics of the tomato mass, depending on the method of preparation, are presented in Table 3.1.

Table 3.1

Characteristics of tomato mass depending on the method of preparation

Indicators	Method of obtaining						
	№ 1 control	№ 2	№ 3		№ 4		№ 5
			plasma	thick mass	plasma	thick mass	
Mass fraction of soluble solids S %	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,4
Mass fraction of pulp, %	18,0	16,7	11,9	20,8	6,2	43,9	16,4
Mass fraction of insoluble solids IS %	0,79	0,73	0,64	0,86	0,7	1,4	0,75
Mass fraction of vitamin C % X 10	12,4	14,7	13,1	12,8	14,5	12,4	14,5
pH	4,21	4,3	4,27	4,29	4,27	4,29	4,23
Color by Tomacolor	26,0	27,0	34,0	30,4	30,0	42,0	29,0
Relationship S/ IS	6,8	7,4	8,4	6,2	7,7	4,0	7,2
Consistency according to Bostwick cm/30 c	-	-	-	-	15,6	4,5	-

Analyzing the research results, it can be concluded that the best in terms of indicators important for separating the liquid phase from tomatoes before concentration is the mass obtained by **Method 4**.

Further, studies were carried out to establish the optimal parameters of the tomato heat treatment regime, in order to increase the yield of the liquid fraction.

To maximize the separation of the liquid fraction, a heating method was used that would ensure complete plasmolysis of cells and inactivation of pectolytic enzymes.

Preparation of tomatoes before fractionation (washing, sorting, inspection, shower rinsing) was carried out according to traditional technology.

The prepared whole tomatoes were subjected to heat treatment by blanching with steam, while the temperature in the center of the fruit was controlled.

The studies were carried out when the temperature in the center of the tomato fruit reached from 75°C to 95°C with an interval of 5°C and the duration of the liquid fraction draining from 5 to 20 minutes. The results of the studies are shown in Table 3.2.

Table 3.2

**Dependence of the amount of separated liquid fraction
on the temperature and duration of the process**

Temperature, °C	Duration, min	Amount of liquid fraction, %
75	5	from 40 to 47
75	10	from 45 to 53
75	15	from 52 to 63
75	20	from 52 to 63
80	5	from 42 to 49
80	10	from 45 to 53
80	15	from 53 to 64
80	20	from 54 to 65
85	5	from 45 to 53
85	10	from 52 to 64
85	15	from 57 to 68
85	20	from 57 to 68
90	5	from 47 to 55
90	10	from 53 to 63
90	15	from 57 to 68
90	20	from 58 to 69
95	5	from 47 to 55
95	10	from 53 to 63
95	15	from 57 to 68
95	20	from 58 to 69

According to the research results (Table 3.2), the separation of the liquid fraction stops after almost 15 minutes. The most optimal temperature for heating the tomato fruit in its center should be considered the temperature of 85°C. At the same

time, 57% to 68% of the liquid fraction is separated. A further increase in temperature contributes to an increase in the amount of liquid fraction from only 1% to 2%.

Separation of the liquid fraction was carried out by gravity on the drain. After separating the liquid fraction, the blanched tomatoes were sent to the separation of skins, seeds and other unused waste. The remaining mass of tomatoes was wiped on wiping machines with a diameter of holes in the sieve -3 mm; from 1.5 mm to 1.8 mm and from 0.4 mm to 0.5 mm.

The dispersed composition of the obtained tomato mass was studied depending on the tomato variety. These data are given in Table 3.3.

Table 3.3

Dependence of the dispersed composition of tomato mass on the variety (n=3, P≥0,95)

Tomato variety	Mass fraction of pulp particles, %		
	size, microns		
	15- 150 microns	150-300 microns	more than 300 microns
Varieties grown in Ukraine			
Lagidny	95,3	2,3	2,4
Gospodar	95,8	1,7	2,5
Red Hunter	95,5	2,5	1,8
Varieties grown in China			
Lichun 丽春	95,0	3,0	2,0
Jinanfenhong 济南粉红	96,0	3,0	2,9
Ruixingdabao 瑞星大宝	94,9	2,7	2,5

Analyzing the results of the studies shown in Table 3.2, it was found that the largest number of particles with a size of 15- 150 microns was observed in tomato mass made from tomatoes of the "Lagidny" variety - (95.9%), "Gospodar" - (95.8 %), Jinanfenhong 济南粉红 – (96.0 %), Ruixingdabao 瑞星大宝 – (94.9 %). At the same time, the tomato mass of these varieties contains the largest number of particles larger than 300 microns (2.7 - 3.0%). Thus, the varietal characteristics of tomatoes affect the quantitative composition of particles of different sizes in the tomato mass.

Physico-chemical studies of tomato fractions

The liquid fraction of tomatoes consists mainly of soluble solids (sugars, acids, vitamins, etc.), and the pulp is the walls of tomato cells, which consist of pro-

topectin, cellulose, hemicelluloses. When the mashed tomato mass is obtained using traditional technology, crushed tomatoes are subjected to heat treatment, as a result of which the viscosity of the mashed tomato system intended for boiling increases. The reason for such changes is the conversion of insoluble protopectin into a soluble form. This fact explains the reasons for the difficulties in the technological process of concentrating tomato mass. According to the proposed technology, short-term heating of tomatoes was carried out only until the pulp softened without the transition of protopectin to soluble pectin. The characteristics of the liquid fraction of tomatoes and tomato mass are given in Tables 3.4 and 3.5.

Table 3.4

Physico-chemical parameters of the liquid fraction of tomatoes (n=3, P≥0,95)

Investigated indicators	Tomato variety			
	Lagidny	Gospodar	Jinanfenhong 济南粉红	Lichun 丽春
Mass fraction of soluble solids, %	5,5	5,4	6,1	5,8
Mass fraction of total sugar, %	4,8	4,7	3,041	2,78
Mass fraction of fructose, %	1,2	1,1	1,0	1,0
Mass fraction of glucose, %	1,6	1,5	1,2	1,4
Mass fraction of titrated acids (per citric acid), %	0,45	0,41	0,6	0,53
Mass fraction of vitamin C, $X \cdot 10^{-3}$, %	18,2	22,0	37,8	20,9
pH	4,0	4,1	4,3	4,2
Mass fraction of insoluble solids (IS), %	0,1	0,1	0,1	0,1

Table 3.5

Physico-chemical parameters of tomato mass (n=3, P≥0,95)

Investigated indicators	Tomato variety			
	Lagidny	Gospodar	Jinanfenhong 济南粉红	Lichun 丽春
Mass fraction:				
- pulp, %	58,2	56,7	69,3	66,9
- insoluble solids, %	1,78	1,74	2,05	1,99
- pectin substances, %	0,26	0,28	0,25	0,28
- cellulose, %	0,60	0,76	0,48	0,43
- hemicellulose, %	0,30	0,32	0,40	0,32
- soluble solids, %	5,6	5,5	5,9	5,4

As can be seen from the results of the studies presented in Table 3.3 - 3.5, the liquid fraction of tomatoes contains substances soluble in water, and insoluble dry substances (pectin substances, cellulose, hemicellulose) predominate in the tomato mass. The content of the main component of tomato mass (pulp) varies depending on the variety of tomatoes from 58.2 % (Lagidny variety) before 69.3 % (Jinanfenhong 济南粉红 variety).

**Development of optimal modes of thermal processing
of separated tomato fractions**

The viscosity of the tomato product obtained from the tomato fraction was studied. The tomato fraction did not contain suspended pulp particles during the concentration process. The process was carried out with constant control of the mass fraction of soluble solids from 5% to 75% with an interval of 10%. The results are shown in Table 3.6.

Table 3.6

**The viscosity of the tomato product obtained
from the liquid fraction of tomatoes (n=3, P≥0,95)**

Mass fraction of soluble solids, %	Relative viscosity at 20 °C
5	1,002
15	1,5
25	2,8
35	7,0
45	18,1
55	30,2
65	49,3
75	65,4

The effect of the presence of suspended pulp particles in the tomato mass on the concentration process, namely on the relative viscosity, is given in Table 3.7

It is established that if the pulp is not removed from the tomato mass, then with an increase in concentration from 5 to 30%, the viscosity will increase by 400.450 times. Even partial separation of the pulp in an amount of 10 to 12% reduces the viscosity of the finished product by 10- 12 times.

Table 3.7

**Viscosity of tomato products with different content
of suspended pulp particles (n=3, P≥0,95)**

Degree of separation of suspended pulp particles	Relative viscosity at 20 °C		Relative viscosity at 75 °C	
	Not concentrated tomato mass. Mass fraction of soluble solids 6 %	Concentrated tomato mass. Mass fraction of soluble solids 30 %	Not concentrated tomato mass. Mass fraction of soluble solids 6 %	Concentrated tomato mass. Mass fraction of soluble solids 30 %
Not deleted	1,1	423	1,03	143,2
Deleted 10 % by weight of tomato mass	1,03	49,8	0,02	18,4
Completely deleted	1,002	6,2	1,002	2,2

Thus, in the presence of suspended particles in the product, the viscosity of the product increases with concentration, the flow properties deteriorate, and this complicates the operation of vacuum evaporation plants, the residence time of the product at high temperatures increases, which leads to a deterioration of its organoleptic properties. Therefore, a liquid fraction was subjected to concentration, which contains only water-soluble components. The concentration process was carried out to a mass fraction of soluble solids - from 50 to 70%.

The tomato mass (pulp) was not subjected to concentration, so the content of carbohydrates, amino acids, aromatic substances and vitamins remained in it almost at the initial level.

Research of technical and technological solutions

in the production of concentrated tomato products

Using the results of information, applied and fundamental research, a fundamentally new technological scheme for the production of concentrated tomato products was developed, which is shown in the figure. 3.1.

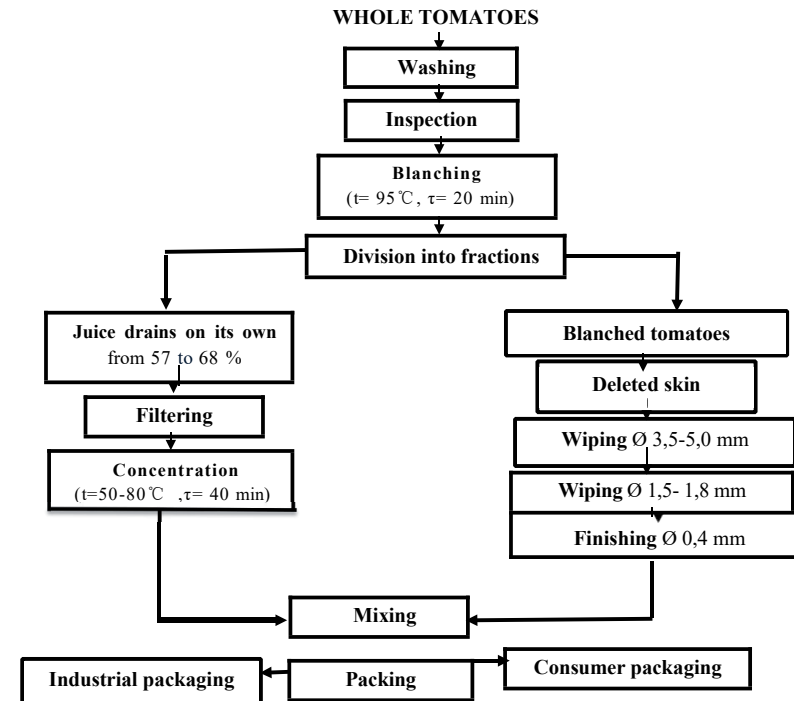


Figure 3.1 Technological scheme of production of concentrated tomato products

Pre-prepared whole tomatoes were heated to a temperature of 85 °C in the center of the fruit for 15 minutes and sent to the drain.

The separated liquid fraction was concentrated to a mass fraction of soluble solids of 70%.

After separation of the liquid fraction, a thick tomato mass remained, which was supplied to the equipment for skin removal. The peel was separated by pressing tomatoes on a drum with holes from 5 to 9 mm in diameter. The skin lingered on the surface of the drum, and the remaining mass was forced through the holes into the middle of the drum.

All technological operations were carried out on the existing traditional technological equipment. Based on the conducted research, a basic hardware technological scheme for the production of concentrated tomato products has been developed. The hardware and technological scheme for the production of concentrate tomato products has been developed taking into account the use of traditional technological techniques, operations, processes and equipment. The variation in the volume of processing of tomato raw materials was necessarily taken into account. The hardware and technological scheme is cost-effective.

In parallel, studies were conducted on the dependence of the content of the peel in the tomato mass on the technical parameters of the drum. The total amount of skin, depending on the variety, ranges from 8 to 12%. The results are shown in Table 3.8.

Table 3.8

The amount of skin trapped in the tomato mass, %

Diameter of holes in the drum, mm	The total amount of skin in the tomato mass, %
5	from 2 to 3
7	from 4 to 5
99	from 6 to 7

As can be seen from the data of the conducted studies, the smallest amount of skin in the mass is provided with a diameter of 5 mm drum holes

After the peel was separated, the thick mass, together with seeds, coarse fibers, and the residual amount of peel, was fed into a coarse wiping machine with a sieve hole diameter from 1.5 to 1.8 mm and for finishing – with a sieve hole diameter of 0.4 mm. The tomato mass obtained in this way, with a pulp content of 61-65% and a mass fraction of soluble solids of 5.5%, is a tomato mass component for further mixing with a concentrated liquid tomato fraction containing 70% dissolved solids.

The liquid fraction obtained on the drain has a viscosity index close to that of water and ranges from 0.001 - 0.009 n / sec m² at 30 °C. The low viscosity of the liquid fraction allowed it to be concentrated to a mass fraction of soluble solids of 70% for further mixing with the mashed tomato mass.

By varying the ratio of the mashed tomato mass to the concentrated product, it is possible to obtain a pasty tomato product with a mass fraction of soluble solids from 15% to 30%.

To obtain a 30% tomato paste when mixed with a concentrated liquid fraction with mashed pulp (with a mass fraction of dissolved solids of 5-6%), part of the mashed pulp remains unused. To reduce the amount of waste and ensure the complex processing of tomatoes, the resulting pulp can also be used for the production of products with a complex component composition, for example – natural tomato sauces, ketchups, etc.

According to the scheme, tomatoes after washing and sorting arrive for blanching in a screw brewer. Heating is carried out by saturated steam to a temperature in the center of the fruit of 85 ± 3 °C to prevent the destructive effects of pectolytic enzymes of tomatoes, as well as to convert insoluble protopectin into soluble pectin, the duration of exposure was 15 minutes.

Blanched tomatoes were fed to the drain, where a liquid fraction was separated – the juice of gravity, which is filtered through a nylon filter No. 20 with a diameter of 0.5 – 0.7 mm, in order to separate pieces of pulp and seeds. After filtration, the juice of the gravity flows for concentration into a vacuum evaporation apparatus, where it is boiled to a mass fraction of dry matter from 50 to 70 %, the concentrated juice of the gravity is collected in a heated tank.

After the drain, the blanched tomatoes are separated from the skin and served for wiping in a wiping machine with a diameter of 5.0 mm and 3.5 mm sieve holes. The waste in the form of skins and seeds is not subject to further processing in tomato production, they can be used in the production of animal feed, birds and fish.

The wiped mass is then fed for wiping into a machine equipped with sieves with a hole diameter of 1.8 mm and 1.5 mm, and then for finishing (hole diameter of 0.4 mm) After finishing, the mass is pumped into a heated reservoir, where there is a concentrated fraction of the juice itself. The two fractions are thoroughly mixed taking into account the ratios.

The concentrated product obtained in this way – tomato paste (with a mass fraction of soluble solids of 14%), is heated and served for packing in small containers, or for installation for aseptic canning and filling in multilayer bags.

Thus, the developed technical and technological solutions make it possible to obtain tomato paste with a mass concentration of soluble solids regulated in accordance with the requirements of consumers on existing technological equipment using new technological techniques.

The absence of heat treatment of tomato pulp due to the concentration of only the liquid fraction implies increased preservation of labile components of raw materials adsorbed on pulp biopolymers, which determine its nutritional value and participate in the formation of organoleptic properties of the finished product.

Comparative characteristics of concentrated tomato products

In production conditions, a concentrated tomato product was produced according to the proposed technology. The content of the mass fraction of soluble solids is 14%, according to the method of fractional separation of tomatoes into plasma and pulp, followed by plasma concentration and mixing with previously separated pulp. Organoleptic, physico-chemical indicators are presented in Tables 3.9; 3.10.

Table 3.9

Organoleptic characteristics of tomato paste

The name of the indicator	Characteristic
Appearance and consistency	Homogeneous mass with suspended finely ground particles, smearing consistency
Taste and smell	Characteristic of tomato mass, without bitterness and burn.
Colour	Red, pronounced, uniform throughout the mass

As follows from the data given in Tables 3.9 and 3.10, the proposed concentrated tomato product (tomato paste) according to a set of organo-leptic and physico-chemical indicators meets the requirements established in international documents on the quality and safety of food.

Table 3.10

Physico-chemical parameters of tomato paste

The name of the indicator	Content, %
Mass fraction of soluble solids (minus chlorides) , %	14,1
Mass fraction of titrated acids (per citric acid) , %	1,4
Mass fraction of chlorides %	0,15
Mass fraction of pulp, %, not less	23,2
Color on the iodine scale, mg/cm ³	0,05
pH	4,2
Mass fraction of mineral impurities, % , no more	Not detected
Impurities of plant origin	Not detected

At the same time, we believe that in order to more fully characterize the properties of the developed technology, it is advisable to conduct more in-depth studies of the spectral and color parametric characteristics of the product, compare the indicators, and also study the dynamics of the destruction of biologically active substances, color changes and other indicators during storage in a comparative aspect.

Spectral characteristics and color parameters of concentrated tomato products

Studies of samples of concentrated tomato products were carried out, which were manufactured using traditional and new technologies.

In the process of studying the spectral characteristics, the extracts were previously diluted with an organic solvent (petroleum ether) to such an extent that the bulk of the points are in the area of the greatest sensitivity of the spectrophotometer (0.2-0.6).

Figure 3.2 shows the absorption spectrum of a sample of concentrated tomato products (tomato paste), which is manufactured according to a new technology. Three main maxima (455, 477, 521 nm) are clearly distinguishable in the absorption spectrum. Analyzing the obtained absorption spectrum, it should be noted that the shape of the curve is characteristic of hydrocarbon carotenoid pigments, and the obtained dominant peaks are closest to the absorption spectra of chemically pure lycopene (446, 472, 505 nm) and β -carotene (453, 484 nm) [53].

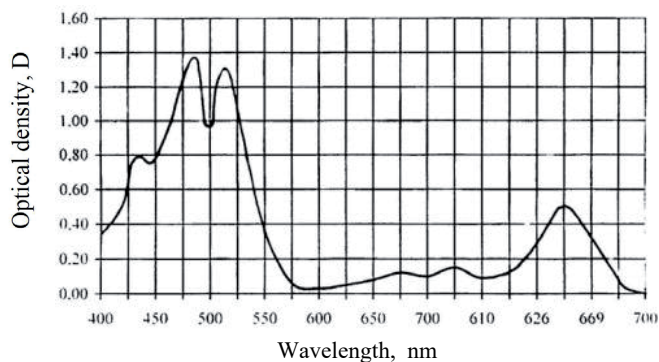


Fig. 3.2. Spectral characteristics of tomato paste, a new technology

The results of the study allow us to conclude that the technological processing in the process of obtaining concentrated tomato products did not significantly affect the color characteristics of the tomato mass due to the presence of carotenoid pigments. The fact that the spectral characteristics of the sample extract are most characteristic of lycopene confirms its significant contribution to the formation of the color of tomatoes and their processed products, as well as its preservation during the technological cycle and sterilization.

The spectral characteristic also shows a maximum in the region of 645 nm. Absorption in this wavelength range is typical for chlorophylls (a) and (b) (680 and 640 nm, respectively) [51].

This fact indicates the preservation of chlorophyll pigments that were present in tomatoes. Such data on the presence of the influence of chlorophyll components of the pigment complex in the characteristics of concentrated tomato products indicates not only a gentle thermal effect on the tomato mass, but also a small amount of dark-colored degradation products of chlorophylls - pheophytins and pheophorbides, which worsen the color of the finished product.

Consequently, the production of concentrated tomato products using a new technology associated with the thermal effect on the tomato mass does not significantly affect its quality indicators and biological value.

Figure 3.3 shows the absorption spectrum of the extract of a sample of tomato paste, which is made using traditional technology. A comparative analysis of the spectra shown in Figure 3.3 and Figure 3.4 allows us to draw the following conclusions. Absorption at a wavelength of 420 nm for a product manufactured using traditional technology is significantly reduced, which indicates a lower content of β -carotene, which is characterized by a maximum in this area. Peaks due to the presence of lycopene have less extinction and are less pronounced.

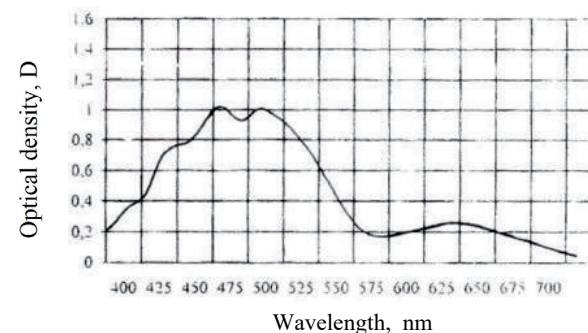


Fig.3.3. Absorption spectrum of tomato paste obtained by traditional technology (solvent – petroleum ether)

The results of the research allow us to draw conclusions about significant destruction of the carotenoid in the case of obtaining tomato paste using traditional technology, and, accordingly, about the deterioration of the color characteristics of the tomato mass. In the region of 510-550 nm, an increase in absorption was observed, expressed by a flat curve without clearly marked maxima. An increase in the optical density in this region of the visible spectrum is characteristic of compounds with brown and brown coloration.

The obtained spectral characteristics are in correlation with the data given in the previous section. Heat treatment during the concentration and sterilization of to-

mato mass using traditional technology leads to the formation and accumulation of dark-colored compounds of various chemical nature, as evidenced by the data shown in Figure 3.3, as well as the destruction of the pigment complex of tomatoes.

The obtained absorption spectra of extracts of samples of freshly prepared tomato pastes allow us to conclude about the best quality indicators and color characteristics of the concentrated tomato product in the case of using the developed technology.

A well-known factor, one of the main indicators of concentrated tomato products, is the color characteristic. The color-parametric characteristics of tomato mass depend on the composition and content of carotenoid pigments, which are subject to slight oxidation, transformation into isomers, discoloration, are capable of destruction, as well as on the formation and accumulation of compounds of various nature under thermal exposure, which introduce undesirable tones into the color scheme of concentrated tomato products, violating the initial harmony of coloring. It is established that there is a dependence of the formation and accumulation of such compounds on the time and intensity of thermal exposure, as well as during storage

In this regard, we, using Hunter's tricolorimetric system, tracked the change in color parameters during storage in conditions that meet the requirements of the technical specifications for concentrated tomato products.

The color-parametric characteristic of tomato products was analyzed by spectrophotometric study of sample extracts in the entire range of the visible spectrum, and then a mathematical analysis of the results of light absorption in a three-dimensional coordinate system according to an internationally standardized system was carried out.

Analysis of changes in the parameters (Table 3.11) of tomato pastes (extracts in petroleum ether) in the CIE system allows us to conclude that during the shelf life there was a decrease in absorption in the blue, green and red regions of the spectrum (X, Y, Z), which indicates discoloration of the samples.

Table 3.11

The main parameters of the color characteristics of tomato paste samples freshly prepared and stored for 1 year, in CIE and Hunter systems *

Samples** of tomato pastes (shelf life)	CIE International system			Hunter's System					
	X	Y	Z	x	y	L	a	b	a/b
Freshly prepared	16,4 12,7	14,4 11,3	3,8 6,2	2,42 2,16	1,85 1,66	154 104	7,02 5,87	2,38 5,27	2,95 1,11
Storage 3 months	15,9 12,0	14,1 10,8	3,6 6,0	2,36 1,94	1,77 1,54	150 97	6,98 5,81	2,39 5,38	2,92 1,08
Storage 6 months	15,4 11,3	13,8 10,5	3,4 5,8	1,87 1,40	1,43 1,09	142 89	6,94 5,72	2,41 5,49	2,89 1,04
Storage 12 months	14,9 10,6	13,5 10,0	3,0 5,6	1,48 1,32	0,95 0,80	136 69	6,89 5,63	2,44 5,81	2,86 0,97

Note:
1. * Extracts were made from samples of tomato pastes before removing spectral characteristics
2. ** in the numerator – tomato paste by new technology,
in the denominator – obtained by traditional technology

The results of reducing the brightness of tomato paste samples are shown in

Figure 3.4

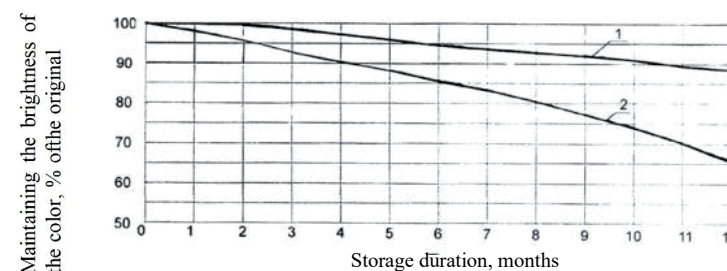


Figure 3.4. Changing the brightness of the color of tomato pastes made using new technology (1) and traditional technology (2) during storage.

It should be noted that in the case of traditional technology, the decrease in color intensity (L) is more significant and amounts to 1.5 times the initial indicator for the year.

The studies carried out in an equal-contrast three-dimensional system (L, (a), (b)), where L characterizes the brightness of the sample, (a) – the degree of redness, (b) - the degree of yellowness, and the ratio (a) / (b) – the integral indicator of the

dominant color tone, are quite informative. The data obtained allow us to draw the following conclusions: the L parameter in the Hunter system decreased by 11% in the case of tomato paste, which is made using a new technology and by 34% - made using the traditional method. Indicator (a) for 1 year of storage decreased by 1.85% and 4.1%, respectively, which indicates a decrease in the intensity of the red shades of the spectrum.

A particularly important component in the case of food products obtained using heat treatment is indicator (b), as well as the ratio (a) / (b), an increase of which indicates the accumulation of dark-colored compounds in the samples.

Indicator (b) in the case of the proposed technology has practically not changed, which indicates stability and minor destructive changes in tomato paste during storage.

When using traditional technology, tomato paste samples, even in a freshly prepared state, had a significant increase in indicator (b), which indicates a significant role of the yellow component of the visible spectrum in the formation of chromaticity. The rate of increase in this indicator during storage indicates the instant formation and accumulation of yellow-brown tones during storage in tomato paste prepared using traditional technology.

The integral indicator (a) / (b) in the case of the proposed technology decreased by only 3% over the year, and the traditional one – by 13% over the year, which indicates a fairly intensive change in the color of the product in the second case with a significant decrease in the dominant red component of the color and the accumulation of brown-brown gamma.

Thus, the spectral characteristics of samples of concentrated tomato products, which are produced using a new technology, in contrast to the traditional product, change slightly during storage. This factor allows us to draw conclusions about the high quality and stability during storage of the product produced using the proposed technology.

Studies of changes in quality indicators concentrated tomato products

Indicators of the nutritional value of concentrated tomato products (tomato pastes), which were manufactured according to new and traditional technology, are presented in Table 3.12

Table 3.12

Indicators of the nutritional value of tomato pastes

The name of the indicator	Concentrated tomato product	
	new technology	Traditiona technology
Mass fraction of soluble solids, %	14,2	30,0
Titrated acidity (in terms of citric acid), %	1,4	1,3
pH	4,2	4,3
Mass fraction of chlorides, %	0,15	0,25
Mass fraction of pulp, %	23,2	-
Color indicators: - on the iodine scale, mg/cm ³ - according to the Tomacolor device, the division of the conditional scale	0,05 27,0	0,09 41,0
Viscosity according to the Bostvik device, cm/30 s	7,6	8,0
Ascorbic acid, *10 ⁻³ g/100 g of dry matter	22,7	14,1
Total pigment complex (carotenoids + chlorophylls), *10 ⁻³ g/100 g dry matter	292,13	68,4
Carotenoids, *10 ⁻³ g/100 g dry matter - general	168,92	56,38
including: - lycopene	128,13	43,87
- β-carotene	16,73	6,08
- α-carotene	3,35	0,39
- ξ-carotene	5,97	0,81
- γ-carotene	1,70	0,24
- Oxymethylfural, *10 ⁻³ g/dm ³	12,0	22,0

Comparison of quality indicators of concentrated tomato products obtained from the same varietal batch of raw materials under the same conditions according to traditional and new technology shows that the method of obtaining concentrated tomato mass by fractionation allows preserving biologically active components of tomatoes and preventing color change of the finished product due to less destruction of

the pigment complex of tomatoes, formation and accumulation of products of thermal destruction of raw materials components.

At the same time, the destruction of ascorbic acid decreased by 41.1%, and the storage of the natural pigment complex in tomato paste made using a new technology exceeds the same indicator of the product obtained using traditional technology by 4.3 times.

The stability of carotenoids as pigments has the same tendencies. A comparative study of the carotenoid complex showed that the total content of carotenoids in the product obtained by fractionation exceeds the same indicator of the traditional product by 3 times, and the preservation of individual representatives, in particular, beta-carotene, which exhibits biologically active properties, is 2.8 times higher, lycopene, as the main carotenoid forming the color of the product – 2.9 times.

The probability of formation of oxymethylfurfural with traditional technology is much higher and its experimentally established amount is 22.0 mg/dm³.

The results of the study of changes in the content of the pigment complex, biologically active substances, oxymethylfurfural, affect the color characteristics of the finished product. A comparative analysis of the color indicators determined by the standard method on the Tomakolor device showed that freshly prepared concentrated tomato paste according to the new technology has the best color characteristics – the number of deviations of the conditional scale is 1.5 times lower compared to concentrated tomato paste obtained by traditional technology.

When using the process of heat treatment of tomatoes, as well as during storage, aromatic aldehydes – oxymethylfurfural and furfural are formed in the finished product. Changes occur due to the interaction of reducing sugars (hexose, pentose) with organic acids. These compounds are highly labile, especially in the presence of oxygen. Oxidizing, they give the finished product a brown-brown color, thereby impairing the appearance and color of the product. It is for this reason that one of the important indicators of the quality of finished products is the content of the mass fraction of oxymethylfurfural (OMF) and furfural.

Since the content of pentoses in tomatoes is insignificant, practically only oxymethylfurfural (OMF) is formed in tomato products when reducing sugars and organic acids interact.

Reactions of the formation of oxymethylfurfural (OMF) in concentrated tomato products are particularly intense, since during concentration the mass fraction of reducing sugars and organic acids increases. For a comparative analysis of quality indicators, studies were conducted. Samples of concentrated tomato product packed in small containers, net weight 500 g, followed by sterilization according to the 15-20-30/100 °C regime, were stored in an unregulated warehouse for 12 months. The studies were carried out at intervals of 3 months. The results are presented in Table 3.13.

Table 3.13

Changes in the quality of concentrated tomato products during storage

The name of the indicator	Storage, months	Samples in storage	
		new technology	traditional technology
Vitamin C, mg/100 g	3	21,7	11,0
	6	20,8	10,5
	9	19,6	8,9
	12	18,7	7,9
Total pigment complex, *10 ⁻³ g/100 g of dry matter	3	292,13	67,65
	6	286,45	64,50
	9	280,87	58,14
	12	274,56	51,88
Carotenoids, *10 ⁻³ g/100 g dry matter	3	165,32	51,30
	6	162,46	47,81
	9	159,06	41,82
	12	156,16	37,84
including - lycopene	3	127,00	40,80
	6	124,31	37,19
	9	122,17	35,75
	12	120,64	33,21
- β-carotene	3	16,40	5,87
	6	16,00	4,96
	9	15,45	4,05
	12	14,75	3,13

Continuation of the Table 3.13

The name of the indicator	Storage, months	Samples in storage	
		new technology	traditional technology
OMF, mg/dm ³	3	14,0	28,00
	6	16,0	33,00
	9	19,5	38,00
	12	24,0	50,00
Color according to the Tomacolor device, division of the conditional scale	3	29,0	43,0
	6	32,0	47,0
	9	35,0	53,0
	12	38,0	57,0

From the above data, it follows that during storage in concentrated tomato products, changes occur that affect quality indicators. Thus, during storage, the pigment complex of tomato mass is destroyed, and in tomato paste obtained by fractionation, the decrease in pigment content is 6% when stored for 12 months, whereas in a product obtained by the traditional method, under similar storage conditions, this indicator is 24%.

A comparative analysis of the destruction of carotenoids showed that in tomato paste, which is produced using a new technology, losses amount to 5.5%, including: lycopene – 5%, β -carotene – 10%, whereas in a product manufactured using a new technology, these indicators are 26, 18 and 46%, respectively. Ascorbic acid is destroyed by 18.3 and 44.7 % during storage, respectively

From this it should be concluded that the preservation of pigments and biologically active substances is the higher, the greater their initial mass fraction.

The tendency to the accumulation of oxymethylfurfural (OMF) in the finished product is obvious, in both products the accumulation rates of oxymethylfurfural (OMF) are approximately the same and exceed the initial content - in a concentrated tomato product, which is manufactured using a new technology - by 2 times, and in a concentrated tomato product, which is manufactured using traditional technology – 2.3 times.

The data obtained on the change in the content of colored components in concentrated tomato products during storage correlate with the change in the color of the

samples. For a comparative analysis of the effect of the canning method on the accumulation trends of oxymethylfurfural (OMF) during storage, samples sterilized and packaged in small containers and tomato paste sterilized and packaged under aseptic conditions in aseptic bags were studied.

The samples were stored in an unregulated warehouse for 12 months. Data analysis allows us to conclude that the accumulation of oxymethylfurfural (OMF) in a product that was manufactured using a new technology is lower, which correlates with the results of the studies given in Table 3.13.

It should also be noted that with a lower initial content of oxymethylfurfural (OMF) in the product, the rate of its formation and accumulation is lower.

The total effect of the sterilization regime and the volume of the container has an effect on the increase in the concentration of oxymethylfurfural (OMF) during storage.

Thus, during aseptic canning in bags, the rate of increase in the content of oxymethylfurfural (OMF) is lower than when packed in small containers with a sterilization regimen 15-20-30/100°C.

These data indicate the expediency of choosing aseptic preservation of concentrated tomato products in large containers from the point of view of preserving the quality of finished products during storage.

Calculation of the content of soluble solids in concentrated tomato products, with different ratios of liquid and thick fractions

The issues of fruit juice concentration with justification of the rational level of dry substances are widely covered in literary sources. As a rule, the volume of fruit and vegetable juices is reduced by 5-6 times, the content of dry soluble substances reaches 57-75% . There are no data on the concentration of the liquid fraction of tomatoes. Therefore, preliminary experimental studies were conducted to change the quality indicators of tomato plasma in the process of its concentration. It has been established that an increase in the mass fraction of amino acids reducing pentose and

hexose during concentration leads to a change in the thermodynamic state of the system and creates conditions for the activation of melanoidin formation reactions. This process is accompanied by a deterioration in color due to the accumulation of dark-colored compounds, intermediates formed in the presence of elevated concentrations of sugars, amino acids in an acidic environment.

The data obtained indicate that it is impractical to carry out the concentration process to a content of dry soluble substances of more than 70%.

Calculation of the balance of soluble solids in the finished product in order to justify the norms of the components during mixing is carried out according to the formula:

$$X = \frac{(A_1 \cdot B_1) + (A_2 \cdot B_2)}{A_1 + A_2}, \% \quad (3.1)$$

where X – is the dry matter content in the product;

A₁ - thick fraction, kg.;

A₂ - liquid fraction, kg.;

B₁ - the content of soluble solids in the thick fraction, %;

B₂ - the content of soluble solids in the liquid fraction, %;

$$X = \frac{(30 \cdot 5) + (70 \cdot 5)}{30 + 5} = 14 \%$$

According to calculations and after making tomato paste in production conditions, it was concluded that the content of soluble solids in tomato paste should be at least 14%.

Calculation of the consumption rate of raw materials in the production of concentrated tomato products (tomato paste) according to the proposed technology.

The consumption rate of tomatoes for the production of 1000 kg of tomato paste (in terms of the mass fraction of solids 12%) was determined by the formula:

$$X = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 100^2}{C_o (100 - P_1) (100 - P_2)} \quad (3.2)$$

where X – is the consumption rate of tomatoes, kg.;

C_o – mass fraction of dry substances in raw materials;

P₁ – is the limit value of the mass fraction of unused waste, %, (P₁ = 6.5)

P₂ – is the limit loss of dry matter in production, % (P₂ = 5.0)

$$X = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 100^2}{5 (100 - 6.5) (100 - 5)} = 2702$$

To produce 1000 kg of concentrated tomato paste, 2702 kg of raw materials are needed, which is 150 kg less than the norm of traditional technology.

As a result of fundamental and applied research, a method for preparing tomatoes before concentration has been developed, including the separation of tomatoes into liquid and thick fractions. It was found that the separation of the solid phase of tomatoes, which is a factor that makes it difficult to remove moisture, without further processing it when obtaining concentrated tomato products, from the liquid fraction, which is further concentrated to a mass fraction of dry matter from 60% to 70%, followed by mixing it with a thick mass according to the calculated ratio. A hardware and technological scheme with separate processing of the tomato fraction has been developed, which allows to obtain a product of increased nutritional value.

Хунанський університет гуманітарних наук, і технологій, Китай

Хенанський Інститут науки і технологій, Китай

Сумський національний аграрний університет, Україна

Мазуренко Ігор

Лі Юньбо

Шао Чженчжен

Мохаммад Ноаман Захід

ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧУВАННЯ

**КОНЦЕНТРОВАНІ
ТОМАТНІ ПРОДУКТИ**

Монографія

Ми живемо не для того, щоб їсти, а їмо для того, щоб жити.
Лат.: Edimus ut vivamus, non vivimus ut edamus.
Сократ

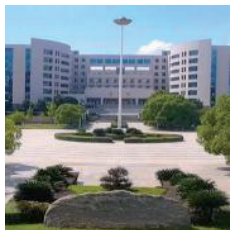
Харчування є одним з найважливіших чинників, які впливають на здоров'я населення. Воно забезпечує нормальний розвиток людей, сприяє профілактиці захворювань, продовженню життя і створює умови для адекватної адаптації людини до навколишнього природного середовища. Питання здорового харчування населення є одним з найголовніших у реалізації соціальної політики держави. Успішне розв'язання проблеми залежить від створення умов для виготовлення якісних і безпечних продуктів харчування.

Томати у свіжому вигляді, а також кулінарна-підготовлені користуються підвищеним попитом у людей. У різних кухнях миру використовують томати при виготовленні перших, других блюд, а також при виготовленні салатів та десертів. У багатьох країнах томати використовують у раціоні харчування у свіжому вигляді. У широкому вигляді в кулінарії популярні концентровані томатні продукти – томатна паста, томатні та томатно-перечні соуси кетчупи. Ці продукти знаходяться в прямій залежності від якості сировини, методів та процесів виробництва.

Враховуючи ряд обставин, концентровані томатні продукти не завжди відповідають вимогам якості та безпечності.

Розвинуті держави контролюють якість та безпечність продуктів харчування на високому рівні. Китайська народна республіка забезпечує якість та безпечність харчових продуктів та охорону здоров'я і життя населення. Проводиться моніторинг, координація та надзір на всіх рівнях влади. Виготовлення продуктів харчування контролюється на всіх етапах виробництва, від сировини, процесів експлуатації та санітарної обробки обладнання. Приділяється увага пакувальним матеріалів та принципам реалізації готового харчового продукту [1].

Держава Китай заохочує та підтримує розвиток фундаментальних та прикладних досліджень, пов'язаних з безпечністю харчових продуктів, а також заохочує та підтримує виробників та операторів харчових продуктів з метою підвищення рівня безпечності харчових продуктів [1]. Враховуючи наведено, нами були проведені фундаментальних та прикладні дослідження з метою підвищення якості концентрованих томатних продуктів.



Університет гуманітарних наук, науки і технологій Хунань (HUNST) Китай, заснований у 1978 році, затверджений Міністерством освіти Китаю як загальноосвітній державний університет. У 2018 році було отримано «Подвійний перший клас» високого рівня, орієнтованого на застосування, університету провінції Хунань. Університет складається з 14 шкіл, які пропонують програми як бакалавра, так і магістра. Існує 53 програм бакалаврату, починаючи від мистецтва, гуманітарних наук і закінчуючи наукою, інженерією, освітою, економікою, менеджментом та сільським господарством.

Інститут науки і технологій Хенань (HIST), Китай, є добре розвиненим провінційним університетом. Університет розпочинає свою історію з 1939 року. Університет має 23 академічних шкіл, які складаються з 70 спеціальностей бакалавра та охоплюють 9 основних дисциплін, включаючи сільське господарство, інженерію, освіту, менеджмент, літературу, науку, економіку, право та мистецтво. У 2002 році була заснована Школа харчових наук. Школа пропонує чотири спеціальності бакалавра: харчові науки та інженерія, якість та безпека харчових продуктів, кулінарія та освіта з харчування, менеджмент та туризм. Харчова наука та інженерія – це спеціальність національного рівня, якість та безпека харчових продуктів, кулінарна освіта, та освіта з харчування – спеціальності провінційного рівня.



Сумський національний аграрний університет, Україна, є вищим навчальним закладом з IV рівнем акредитації; це один із найкращих аграрних університетів України. Сумський національний аграрний університет засновано в 1977 році; Сумський національний аграрний університет готує висококваліфікованих спеціалістів для сільського господарства. До складу університету входять 8 факультетів, один інститут та п'ять коледжів.

Автори вдячні керівництву та професорсько-викладацькому складу університетів за допомогу у проведенні досліджень.

Мазуренко Ігор

МАЗУРЕНКО ІГОР

Д-р. техн. наук, професор.
Академік академії вищої освіти України

Yunbo Li
Shao Zhengzheng

LI YUNBO
Доктор Філософії, PhD, Доцент

SHAO ZHENGZHENG

Доктор Філософії, PhD

M. N. Zahid

MUHAMMAD NOAMAN ZAHID

Доктор Філософії, PhD, Доцент

I. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД,

ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перед тим як зайнятися дослідженнями, нас авторів з різних країн – Китаю, Пакистану, України зацікавили історичні моменти Походження концентрованих томатних продуктів – томатної пасти, гострого соусу, кетчупу. Інтересними матеріалами ми хочемо поділитися.

Першими хто почав вживати в їжу томати і робити з них томатну пасту були корінні народи Південної Америки. Мовою народів, що населяли території Мексики і Перу (ацтеків, інків, індіанців), ця рослина називалося «томатль» - «велика ягода», «перуанське золоте яблуко». Звідси і пішла назва «томат». За археологічними даними томат був відомий жителям Болівії, Перу, Чилі, Еквадору ще в V столітті до нашої ери. Дикі і не окультурені форми цієї рослини до сих пір зустрічаються в Перу, на Галапагоських островах і в інших містах. У Південній Америці томат ріс у вигляді трав'янистої рослини, чагарника і навіть деревах висотою до 5 м.

Індіанці Південної Америки не тільки вживали томати в сирому вигляді, але і готували з них томатний сік і томатну пасту. Припускається, що технологія приготування томатної пасти була наступна: томати розтирали в кашку, потім розкладали її тонким шаром і в'ялили на сонці, потім знову перетирали. Такий спосіб приготування позволяв видалити зайву вологу з томатної пасти. Сучасні технології приготування і зберігання томатної пасти зробили крок далеко вперед, і виробники пропонують різні види томатної пасти (гарячого і холодного віджиму), але аромат стиглих томатів надає стравам свій не-повторний смак вже не першу тисячу років.

Цікаві історичні факти про томатний кетчуп. Слово *кетчуп* спочатку означало «рибний соус» на діалекті провінції Фуцзянь, прибережного регіону Китаю.

Перший кетчуп був зроблений не з томатів, а з риби. Їм пригощали у провінції Фуцзянь, в поєднанні з домашнім червоним рисовим вином, яке є фирмовою стравою провінції. Історія червоного рисового вина переплітає з історією

кетчупу-але в той час як вино залишалося в основному незмінним протягом століть, кетчуп зазнав значних змін .

Історія починається більше 500 років тому, коли провінція Фуцзянь на березі Південно-Китайського моря була жвавим центром мореплавного Китаю .

Рибний соус тепер називається *ниос там* В'єтнамською або *Nam pla* Тайською, але Китайські моряки називали його *ke-tchup*, «соус з консервованої риби» на хокієне — мовою Південної Фуцзяні і Тайваню . Поселенці з острова Фуцзянь привезли кетчуп з собою в Індонезію, Малайзію і на Філіппіни; це слово навіть було перейнято індонезійцями (хоча сьогодні на індонезійській *Bahasa Indonesia* кечап означає Просто «соус»). Поселенці з Фуцзянь, також привезли з собою ферментований червоний рис - приправу, яку їхні кухарі здавна використовували для ароматизації рагу і тушкованих страв . Китайські кухарі почали перетворювати червоний рис в *арак* (ранній предок рису). Процес здійснювався шляхом перегонки ферментованого рису разом з патокою і пальмовим вином . На Яві та Суматрі були засновані китайські фабрики з виробництва як рибного соусу, так і Араку .

Висока вартість цього азійського імпорту незабаром призвела до рецептів у британських, а згодом і американських кулінарних книгах для кухарів, які намагалися приготувати кетчуп самостійно .

Тільки в 19 столітті люди вперше почали додавати томати в кетчупи, вероякотно, вперше в Британії в рецептах 1817 року все ще присутні анчоуси, які видають його походження від рибного соусу:

До середини 1850-х років від споживання анчоусів було відмовлено, і лише в 1890 р . потреба в кращих консервованих продуктах (і прихильність американців до солодоців) спонукала комерційних виробників кетчупу, таких як Heinz, значно збільшити вміст цукру в кетчупі, що призвело до сучасної кисло-солодкої формули .

Китайське походження національного соусу-це не просто весела кулінарна дрібниця . Історія кетчупу пропонує по-новому поглянути на світову економічну історію . Насправді, до того часу, коли британські моряки привезли кетчуп

до Англії, Китай був найбагатшою країною у світі за всіма показниками — включаючи рівень життя, тривалість життя, дохід на душу населення, військову силу, і виробляв основну частину всього світового валового національного продукту . Контроль Китаю над торгівлею всередині Азії в поєднанні з його чудовою технологією виробництва (текстиль, одяг, кераміка і, звичайно, ферментація) означали, що Китай домінував у світовій економіці аж до промислової революції .

Історія кетчупу-від ферментованих рибних соусів у Китаї та Південно — Східній Азії до солодких та гострих соусів в Англії та Америці-це історія глобалізації та століть економічного панування світової наддержави .

Ці історичні факти змушують задуматися про смачний соус-кетчуп який деякі вживають щодня, а також нагадує про домінування Китаю в глобальній світовій економіці протягом більшої частини сучасного тисячоліття .

Характеристика томатів і концентрованих томатних продуктів

Концентрування-процес сутність якого полягає в підвищенні концентрації розчинених речовин за рахунок видалення вологи шляхом випаровування, виморожування, ультрафільтрації (зворотного осмосу).

Харчові продукти, що піддаються процесу концентрування, представляють собою складну систему, в якій крім справжніх розчинів у воді цукрів, органічних кислот, мінеральних солей і інших речовин містяться зважені частинки різного ступеня дисперсності .

При процесі концентрування видалення води супроводжується складними фізико-хімічними змінами . В процесі концентрування збільшується щільність продукту і його в'язкість . Під дією термічного впливу, відбувається коагуляція білків, деякий гідроліз складних органічних з'єднань, а також реакції з'єднання — меланоїдіноутворення, карамелізації і ряд інших .

Таким чином, при концентруванні безперервно змінюються основні властивості продукту . Тому підбір режимів і умов концентрування є найважливішими, необхідними дослідженнями по створенню технологічного процесу і пристроїв для концентрування харчових продуктів .

Концентровані томатні продукти є продуктами підвищеного попиту, так як використовуються не тільки споживачами, але і використовуються при виробництві інших видів продукції (соусів, кетчупів, напоїв і т.д.). Концентровані томатні продукти користуються підвищеним попитом і використовуються в кулінарних стравах різних країн – Китаю, Європейського Союзу, США, Сходу та України.

Виробники в основному випускають концентровані томатні продукти з масовою часткою розчинних сухих речовин від 12% до 30 %, в той час відзначається, що є виробники, які виробляють концентровані томатні продукти з масовою часткою розчинних сухих речовин від 11% до 45 %.

Як правило, томатну пасту фасують в різні види скляної і металевої тари місткістю в скляній тарі від 0,2 дм³ до 1,0 дм³, в металевій тарі - 0,5 дм³, 3,0 дм³, 8,0 дм³, а також в бочки з поліетиленовими вкладишами, при цьому в якості консерванту використовують від 8% до 10% кухонної солі. Одночасно томатну пасту фасують у великі ємності, вмістом до 10000 кг для подальшої переробки при виробництві інших видів продуктів харчування. У зв'язку з підвищеним попитом споживачів концентровані томатні продукти фасують у тару типу "Тетра-Пак", "Тетра-Брік", місткістю від 0,2 дм³ до 0,5 дм³, а також скляну і металеву тару аналогічної місткості. Широко використовуються для фасування асептичні мішки з ущільнювальним клапаном місткістю до 200 кг. це дозволяє максимально знизити втрати при транспортуванні, здійснювати продаж великих партій томатної пасти, що було неможливим при використанні великій стаціонарній тарі.

Зростання виробництва томатних продуктів стримується відсутністю насіння томатів сортів, що забезпечують вимоги виробництва концентрованих томатних продуктів. Для переробки томатів, що надходять на виробництво, необхідно постійно вдосконалювати способи і технологічні прийоми переробки.

Томати, або помідори – *Lycopersicum esculentum*-представники сімейства пасльонових, одна з основних овочевих культур, що вирощуються практично в усіх країнах. Томати займають одне з провідних місць в обсягах переробки харчової та переробної промисловості.

Харчова цінність і смакові характеристики томатів як продукту харчування обумовлені хімічним складом. Свіжі томати і отримані з них концентровані томатні продукти характеризуються наявністю вуглеводів, вітамінів, органічних кислот, азотистих і мінеральних речовин, зокрема мікроелементів.

Підвищення обсягів вирощування томатів в основному забезпечується шляхом вирощування томатів сортів механізованого збору. Перехід на індустріальну технологію вирощування дозволяє комплексно механізувати сільськогосподарські роботи, підвищити врожайність більш ніж, на 25% і максимально прибрати вирощену продукцію. Однак при виборі сортів томатів для механізованого збору, основними критеріями були врожайність, і фізіологічні властивості плодів, стійкість до механічного впливу при зборі [2 - 4].

Фізіологічні властивості томатів сортів механізованого збору негативно позначаються при переробці, зокрема при процесі концентрування. Підвищений вміст клітковини, яке обумовлює стійкість плода до механічного впливу, сприяє збільшенню в'язкості томатної маси [5], що веде до різкого зниження температури всередині плоду, теплоємності і теплопровідності. При концентруванні ефект посилюється, коефіцієнт тепловіддачі від поверхні нагріву до киплячого розчину у вакуум-випарних станціях значно знижується [6].

Підвищена в'язкість томатної маси погіршує роботу вакуум-випарної станції через утворення нагару на поверхні нагріву і негативно позначається при формуванні якості концентрованих томатних продуктів.

Порівнюючи показники складу продуктів харчування, томати відрізняються підвищеним джерелом мінеральних речовин, органічних кислот, клітковиною, пектиновими речовинами, цукрами і, що особливо важливо, вітамінами, зокрема вмістом каротиноїдів [7].

Хімічний склад томатів динамічний в процесі росту і дозрівання. На хімічний склад томатів впливають різні фактори: сорт, ступінь зрілості, терміни збирання, кліматичні умови, регіональні особливості складу ґрунтів, способи вирощування і зберігання. Вміст води в томатах є домінуючий, вона забезпечує пружність тканин, протікання гідролітичних і окислювальних процесів в клітинах.

Показник активності води для томатів становить в середньому 0,91, тому даний вид сировини є швидкопсувний і вимагає певних умов транспортування, зберігання і переробки [8]. Відомо, що вміст розчинних сухих речовин в томатах сортів механізованого збирання Lichun 丽春; Jinanfenhong 济南粉红; Ruixingdabao 瑞星大宝; "Early"; "Київський"; "Глорія"; "Факел"; "Біруниця" коливається від 4,0% до 8,0%.

Враховуючи, що розчинні сухі речовини томатів є найважливішим показником якості для промислової переробки, особливо при виробництві концентрованих томатних продуктів, вчені-селекціонери домоглися збільшення масової частки розчинних сухих речовин шляхом введення в ґрунт комплексу добрив, а також обробки рослин томатів в момент цвітіння спеціальними розчинами.

Основну частину сухих речовин плоду томатів складають вуглеводи, які представлені більшою мірою моносахаридами – глюкозою і фруктозою. Вміст загального цукру в томатах становить від 2,7% до 4,5 %, рівень накоплення глюкози плодами в 1,5-2 рази більше, ніж фруктози, а сахарози мало або повна відсутність. Вміст крохмалю в плодах томатів невелик і становить від 0,05 до 0,28%.

В останній час вчені приділяють велику увагу комплексу біополімерів рослинних клітинних стінок, що включає геміцелюлози, целюлозу, пектинові речовини, лігнін. Вони займають важливе місце в раціональному харчуванні людини, і об'єднані назвою «харчові волокна».

Вміст клітковини в томатах сортів механізованого збору складає до 1,26 %, геміцелюлози від 0,1 до 0,21%, пектинових речовин від 0,13 до 0,38%.

Харчові волокна томатів відіграють важливу роль у формуванні структури плодів, а також в консистенції концентрованих томатних продуктів, що позначається на виборі технологічних прийомів переробки томатної маси.

Встановлено, що вміст пектинових речовин в томатах динамічне і залежить не тільки від сортових особливостей, але і ступеня зрілості плодів. Пектинові речовини акумульовані в клітинних стінках, серединних пластинах, а також частково розчинені в клітинному соку.

За результатами досліджень світових вчених селекціонерів, пектинові речовини накопичуються в перші фази розвитку плоду. При дозріванні відбувається трансформація протопектину в розчинний пектин, що призводить до розм'якшення тканин плодів. Подібні перетворення мають біохімічну природу і обумовлені дією пектолітичних ферментів, які притаманні в плодах томатів: протопектиназа, пектиностераза і полігалактуроназа. Фахівцями встановлена зворотна залежність між активністю пектолітичних ферментів і кількістю протопектину в томатах. Так, збільшення активності полігалактуронази в процесі дозрівання призводить до зниження масової частки пектинових речовин в плодах приблизно в 1,5-2 рази.

Втрати пектинових речовин в процесі переробки томатів залежать від якості сировини, часу зберігання дробленої маси, температури і тривалості теплового процесу. Концентровані томатні продукти високої якості може бути отримана з томатної маси, що зберігалася до переробки не більше шести годин. Дослідження сировини і готової продукції показали, що в томатній пасті вміст пектинових речовин значно нижче, ніж в сировині. При збільшенні вмісту розчинних сухих речовин в томатній пасті більш ніж в п'ять разів (в результаті випаровування вологи) вміст пектинових речовин зростає лише в 1,5 рази.

Поряд з гідролітичними ферментами, велику роль при формуванні та дозріванні плодів томатів грають окислювально-відновні ферменти. При нагріванні, в процесі переробки, всі присутні в томатах ферменти інактивуються.

Клітковина становить основну масу клітинних стінок м'якоті плоду томату. Масова частка клітковини в томатах сортів механізованого збирання майже в 1,5 - 2 рази більше, ніж в томатах сортів ручного збору, що становить від 0,65 до 1,26 % [9, 10].

Томати досягають найвищої харчової цінності в стадії технічної зрілості. Для визначення якості, сировини, додатково до вимог нормативних документів, необхідно використовувати об'єктивні експрес методи аналізу і визначати наступні показники: сухі речовини по рефрактометру, колір по оптичній щільності,

співвідношення м'якоті і соку (в %), співвідношення розчинних і нерозчинних сухих речовин, кількість вітаміну С.

Важливим показником при виробництві концентрованих томатних продуктів є співвідношення розчинних і нерозчинних сухих речовин (Р/НР). Сума м'якоті і всіх речовин які не використовуються відходи – насіння, шкірка, судинні волокна становить нерозчинні речовини – (НР) томатів.

Для виробництва концентрованих томатних продуктів необхідно використовувати сорти томатів з високим вмістом сухих речовин і низькими вмістом нерозчинними речовинами, показник співвідношення розчинних і нерозчинних речовин (Р/НР) відображає можливість їх використання для виробництва томатної пасти. В результаті проведених досліджень встановлено, що для різних сортів томатів співвідношення розчинних і нерозчинних речовин знаходиться в межах від 2 до 5 одиниць. Чим вище співвідношення (Р/НР), тим менше відходів, а також втрат з ними цінних розчинних речовин, що сприяє підвищенню якості і виходу готової продукції.

Для виробництва концентрованих томатних продуктів найбільш придатними є сорти з вмістом сухих розчинних речовин не нижче 5%, співвідношення розчинних і нерозчинних речовин – (Р/НР) не менше 6,5 одиниць і високою органолептичною оцінкою [11, 12].

За даними деяких вчених, вміст азотистих речовин в томатах невеликий і становить (х 6,25) – 0,55 – 1,1 %. Азотисті речовини представлені білками і продуктами їх перетворень. У м'якоті виявлені вільні і пов'язані амінокислоти: треонін, гліцин, серин, аланін, пролін, тирозин, гістидин, валін, аспарагін, ізолейцин, фенілаланін, аргінін, метіонін, цистеїн [13 - 16].

Органічні кислоти, які містяться в плодах томатів, представлені лимонної, яблучної, а також незначним вмістом винної, бурштинової, щавлевої і молочної кислот. Переважаючими є лимонна і яблучна кислоти. Масова частка лимонної кислоти в процесі дозрівання збільшується. У перестиглих томатах зростає вміст бурштинової кислоти, а вміст лимонної і яблучної знижується. Загальна

кислотність, в перерахунку на лимонну кислоту для томатів сортів механізованого збору коливається від 0,3 до 0,5% [17 - 19].

У плодах томатів виявлені сліди практично всіх органічних кислот, що входять до циклу Кребса при дисиміляції вуглеводів. Томати і продукти їх переробки є єдиним джерелом органічних кислот різної біологічної дії – вітамінного (L – аскорбінова кислота), кислот-антагоністів гнильної мікробіоти (лимонна і ін.), що сприяють включенню заліза в гемоглобін і усунення залізодефіцитної анемії (яблучна кислота), що беруть участь у функціонуванні практично всіх органів і систем організму. L-аскорбінова кислота є складовою всіх видів обміну речовин і сприяє формуванню органолептичних властивостей томатів і концентрованих томатних продуктів, їх біологічної цінності.

Біомолекули, в результаті синтезу або руйнування яких виконують специфічні функції клітин організму людини, називають біологічними активними речовинами (БАР) [20]. На думку вчених [21, 22] до (БАР) харчових продуктів відносяться речовини, здатні надавати благотворний фізіологічний вплив на організм в мікро-кількості. До них відносять вітаміни і вітаміноподібні сполуки, ряд мікроелементів, ферменти, фосфоліпіди, деякі хроматичні і фарбувальні речовини.

Томати і томатні продукти в харчуванні людини служать багатим джерелом мікроелементів, вітамінів, вітаміноподібних речовин, в тому числі, каротіноїдів, пектину та інших харчових волокон. Мінеральні речовини в біохімічних реакціях організму виступають в ролі коферментів і беруть участь в окисно-відновних процесах, синтезі білків, вуглеводів, органічних кислот. Слід зазначити, що томати багаті калієм, що використовується в дієтотерапії [23, 24].

Мікроелементи характеризують специфічну групу хімічних елементів, які містяться в організмі в кількостях $10^{-3} \dots 10^{-12} \%$ [25]. З них есенціальними є п'ятнадцять: Fe; I; Cu; Zn; Co; Cr; Mo; Ni; V; Se; Mn; As; F; Li. Група потенційно життєва необхідних: Sn; Cd; Pb; Rb. Багато вчених вважають, що для протікання обміну речовин, виконання структурної, каталітичної, регуляторної, функцій організму необхідні, як мінімум, такі мікроелементи: Fe; Cu; Zn; Mn; I; Cr; Se; Mo;

Со [26, 27]. Томати в більшій або меншій кількості містять всі необхідні мікроелементи [28].

Загальна зольність томатів становить від 0,4 до 0,8% маси сирової речовини. Вміст мінеральних речовин становить (в мг / 100 г): К – 290...340, Na – 35...45, Mg – 16...32, P – 21...33, Ca – 12... 18, Fe – 0,7...0,11.

Технологія виробництва концентрованих томатних продуктів пов'язана з тепловою обробкою, яка значно позначається на харчовій цінності і якості готової продукції. Встановлено, що втрати вітаміну С при концентруванні становлять до 20 %.

За даними досліджень, після дев'ятимісячного зберігання при температурі (-2)°C втрати становлять 14,6%, в той час як при температурі 37°C втрати вітаміну С становлять 79,7 % [29].

У ряді публікацій, авторами особлива увага приділяється консистенції томатних продуктів, а також дослідженню факторів впливу на консистенцію. Консистенція розглядається як основний фактор якості [17, 30, 31]. Найбільш підходящим показником в оцінці консистенції є в'язкість [32]. Показник в'язкості залежить від хімічного складу і фізичної структури концентрованого томатного продукту.

При однаковому вмісті розчинних сухих речовин консистенція концентрованого томатного продукту може змінюватися в залежності від якості і кількості пектинових речовин, вмісту пектинових спиртнерозчинних сухих речовин. У томатній пасті з вмістом розчинних сухих речовин 30 %, в середньому міститься в процентному співвідношенні: редукуючих цукрів від 17 м / г до 19 м / г; клітковини (томатна паста з томатів сортів ручного збору) від 1м / г до 1,5 м / г, (томатна паста з томатів сортів механізованого збору) від 1,8 м / г до 25,7 м / г; загальна кислотність (у перерахунку на яблучну кислоту) від 2,5 м / г до 3,5 м / г при рН не більше 4,4; зольність томатної пасти складає від 3,2 до 3,4 [33]. Одночасно в томатній пасті міститься (мг/100г): К -800; Na - 200; Ca – 78; Mg – 2,3; Fe 2,3; P – 68; Cu 3,9; I (в мкг / 100г) – 1800 [34, 35]. Кількість вітамінів (в мг / 100г) на-

ступне: каротину від 2,0 до 4,0; вітаміну С від 25 до 60; вітаміну В₁ від 0,02 до 0,07; вітаміну В₂ до 0,03; Вітаміну РР від 0,3 до 0,9.

Одним з основних показників, що характеризують якість концентрованих томатних продуктів є колір. Підвищення вмісту розчинних сухих речовин при концентруванні і вплив високої температури, сприяють утворенню накопичення меланоїдинів - темнофарбованих продуктів реакції взаємодії цукрів і амінокислот, які викликають потемніння і погіршення смакових якостей томатних продуктів [36]. Інтенсивність процесу меланоїдіноутворення залежить від вмісту в продукті концентрації водневих іонів, температури, часу теплової обробки, вмісту цукрів і азотистих речовин, а також від загальної концентрації сухих речовин.

Необхідно відзначити, що томати сортів нинішньої селекції відрізняються підвищеним вмістом м'якоті, до складу якої входять нерозчинні сухі речовини (клітковина, протопектин, пентозани, лігнін), що погіршує теплофізичні показники роботи обладнання, скорочує час безперервної роботи вакуум-випарних установок (через утворення нагару) і збільшує тривалість і трудомісткість очищення поверхні нагріву апаратів, а також збільшує тривалість процесу концентрування, що веде до погіршення якості готового продукту [37 - 47].

Біологічно активні речовини томатів

у здоровому харчуванні та профілактиці захворювань

Порушення балансу в структурі харчування глибоко впливає на здоров'я нації і становить реальну загрозу безпеці населення, зачіпаючи практично всі галузі науки і охорони здоров'я.

Класична теорія збалансованого харчування, створена в кінці минулого століття, на думку академіка Угольєва А.М. і ряду інших вчених [48], містила ряд надзвичайно серйозних помилок: збагачення харчових компонентів, видалення баластних речовин, рафінування послужило поштовхом до поширення і розвитку захворювань цивілізації – інфаркту міокарда, серцево-судинних і шлунково-кишкових захворювань, діабету і багатьох інших.

Сформована тенденція погіршення здоров'я людини привела до вдосконалення і розвитку теорії адекватного харчування, згідно з якою серед харчових факторів, що мають особливе значення в підтримці здоров'я, робото-здатності і активного довголіття людини, домінуюча роль належить мікронутрієнтів – вітамінів і життєва важливих мінеральних речовин . Повноцінне регулярне забезпечення ними організму людини має величезне значення [49, 50].

Відомо, що саме сировина рослинного походження, як харчовий об'єкт, особливо цінна наявністю L-аскорбінової кислоти, каротиноїдів, біофлавоноїдів, і практично тільки вона і є джерелом цих речовин для організму людини .

За хімічним складом томати є цінним джерелом каротиноїдів і аскорбінової кислоти . Міжнародний хімічний з'їзд визначив каротиноїди, як жовті або червоні пігменти аліфатичної природи . За структурною будовою ці речовини є жовтими безазотистими пігментами, які поділяють на вуглеводні і кисневмісні похідний . Перші включають з'єднання з відкритим ланцюгом-ациклічні (лікопін), і циклічні (каротин). Кисневмісний похідні відносяться в залежності від характеру, кисневої угруповання до гідрокси-, епоксиди - і кетопохідним [53].

Каротиноїди відносяться до тетратерпенів, вони складаються з довгих вуглеводневий ланцюгів, що містять кілька Сполучених подвійних зв'язків, що закінчуються з одного або обох кінців кільцевої циклічною структурою - Іновим кільцем [51 - 53]. Довгий ланцюг спряжених подвійних зв'язків утворює хромофор у всіх каротиноїдів і дозволяє віднести їх до природних пігментів [54, 55].

Основним каротиноїдом, що міститься в помідорах, є лікопін, кількість якого варіюється залежно від сорту від 1,3 до 13,2 мг на 100 г [56, 57]. Крім того, вони містять ксантофіли та складні ефіри ксантофілу . Загальна кількість каротиноїдів в деяких сортах томатів становить близько 6,0 мг на 100 г . для сортів, які традиційно вирощують у Китаї та Україні, наведено у в таблиці 1.1.

Характерне для томатів високий вміст лікопіну не тільки обумовлює яскраво-червоний колір плодів, але і сприяє поглинанню значної кількості ультрафіолетового випромінювання, яке є ініціатором утворення вільних радикалів ки-

сню . На думку вчених [58], лікопін проявляє більшу антиоксидантну активність, ніж β -каротин .

Таблиця 1.1

Комплекс каротиноїдів у томатах

Каротиноїди	Вміст у сортах, мг / 100 г			
	Факел	Ювілейний	Jinanfenhong 济南粉红	Ruixingdabao 瑞星大宝
Лікопін	4,38±0,670	0,51±0,130	0,49±0,120	5,48±0,660
β -каротин	0,14±0,020	0,10±0,050	0,11±0,057	0,15±0,024
ξ -каротин	0,03±0,004	1,21±0,080	1,24±0,090	0,02±0,007
γ -каротин	0,18±0,070	0,43±0,030	0,44±0,050	0,19±0,060
Фітоїн	1,34±0,160	3,85±0,620	3,89±0,710	1,31±0,150
Фітофлуен	0,22±0,010	0,89±0,620	0,25±0,040	0,87±0,680

До останнього часу біологічну цінність β -каротину і його аналоги (α -, γ -каротину, лікопіну, кантаксантину, лютеїну та ін .) розглядали в зв'язку зі здатністю цих сполук служити лікопін-попередниками вітаміну А в організмі людини .

Завдяки роботам вчених-онкологів протягом останніх років [61] стало очевидним, що каротин і лікопін відіграють важливу самостійну роль в якості компонентів фізіологічної антиоксидантної системи, що захищає рослинні клітини від оксидативного стресу . Каротиноїди володіють унікальними властивостями захисту організму від мутагенних і канцерогенних факторів навколишнього середовища .

Антиоксидантна активність каротиноїдів пов'язана з наявністю в їх молекулі ланцюгової аліфатичної угруповання зі значною кількістю ненасичених подвійних зв'язків, здатних взаємодіяти з активними формами кисню, утворювати нерозчинні комплекси з іонами важких металів, гасити дію вільних радикалів, виступати в ролі модуляторів протипухлинного імунітету [59].

Активні форми кисню, що утворюються в процесі дихання і перекисного окислення ліпідів, є ініціаторами канцерогенезу .

Каротиноїди, зокрема, лікопін, α -, β -, γ -каротини, мають особливість гасити активний кисень без будь-яких хімічних перетворень . При цьому синглет-

ний (активний) кисень переходить в основний стан без пошкодження навколишніх біологічних систем пошкодження навколишніх біологічних систем.

Вітамін А та інші ретиноли, отримані синтетичним або мікробіальним шляхом, також гасять синглетний кисень і можуть обривати ланцюги вільнорадикального окислення, але, на відміну від природних каротиноїдів рослинного походження, осідають в печінці і мають високу токсичність для організму людини [62, 63].

Каротиноїди, поряд з біологічною активністю, є природними барвниками і метаболічна взаємопов'язані з перетвореннями аскорбінової кислоти [60,64, 65]. З літературних даних відомо, що аскорбінова кислота здатна лімітувати перекисне окислення ліпідів, тобто проявляти антиоксидантну дію. Завдяки цьому її застосовують при лікуванні багатьох захворювань (ішемічна хвороба серця, пародонтоз, атеросклероз), аскорбінова кислота здатна надавати з загальнозміцнюючи дії у період відновлення організму після захворювання [21], також є медичні рекомендації по щоденному застосуванню аскорбінової кислоти для профілактики різних захворювань. Паралельно встановлено, що зниження антиінфекційної резистентності організму та підвищення захворюваності на інфекції є наслідком недостатньої кількості вітаміну С у раціоні харчування [66].

Таким чином, томати містять такі компоненти хімічного складу, які є незамінними і проявляють лікувально-профілактичні властивості, що не надають побічних впливів на організм людини.

У світлі викладених проблем харчування населення, профілактика захворювань полягає в максимальному збереженні нативних біологічно активних речовин в процесі технологічної переробки.

Томати містять вітаміни, біологічна дія яких в організмі людини проявляється у формі коферментів, участі в імунитеті, розвитку і зростанні організму, здійсненні вищої нервової діяльності [67].

У помідорах міститься велика кількість каротиноїдів, що обумовлюють їх природне забарвлення. З усіх класів природних пігментів каротиноїди найбільш поширені і відносяться до числа найбільш важливих з'єднань з точки зору їх біо-

логічних функцій. У літературі описані формули і властивості 58 каротиноїдів. До їх складу входить вісім C₅-ізопренових фрагментів, що утворюють ланцюг. Каротиноїди класифікуються на ациклічні- з'єднання з відкритим ланцюгом (наприклад, лікопін) і містять у своїй формулі один або два цикли у вигляді дієнових кілець. За хімічною будовою їх поділяють на безкисневі (полієнові пігменти) і окислені – ксантофіли [52, 59].

Біологічним зв'язком між каротиноїдами і вітаміном А, обумовлена незмінність каротиноїдів в раціоні харчування людини. За хімічною будовою β-каротин, є вдвічі активнішим, ніж α- та γ- форми [59].

Вміст каротиноїдів в помідорах становить (в мг на 100 г сирової речовини) 5,6...8,1, з яких β-каротину (провітаміну А) – 0,4... 1,3; лікопіну – 0,4...4,4.

Вивченням форм каротиноїдів, їх використанням у харчових технологіях займалися багато дослідників [34,35,37]. Велика кількість наукових робіт присвячена аскорбіновій кислоті. Практично всі окислювально-відновні реакції в організмі відбуваються з її участю. Сучасні вчені виділяють її як фактор підтримки стійкості до стресів, компонент харчування, що сприяє регенерації і заживанню тканин, забезпечення імунітету і гомеостазу організму [68, 69].

Плоди помідорів є джерелом вітаміну С, вміст якого (в мг/100 г) становить 12...40, вміст вітамінів В₁ – 0,08...0,15; В₂ – 0,05... 0,06; РР- 0,47... 0,50; фолієвої кислоти - 0,4 ... 1,1; пантотенової кислоти - 3,0 .. 4,0; вітаміну К – 0,4..0,8 [70 - 72].

Враховуючи те, що індустріалізація, хімізація впровадження в агропромисловому комплексі хімічних добрив поширюється, збереження біологічно активних природних антиоксидантів при технологічній переробці сировини є важливим і необхідним напрямком наукових розробок.

Аналіз способів підготовки томатної маси перед концентруванням

На процес концентрування томатної маси впливає якість підготовленої томатної маси. Томатна маса є складною фізико-хімічною системою, основною особливістю якої є різко виражена полідисперсність і наявність значної кількості гідрофільних пектинових речовин. Обидва фактори мають великий вплив на осі-

дання суспендованих частинок томатної м'якоті і на конвекцію томатної маси при її концентруванні . Прискорення процесу концентрування може бути досягнуто шляхом зменшення в'язкості і підвищення ступеня дисперсності частинок м'якоті томатів .

Зміст м'якоті в томатній масі і ступінь її дисперсності впливає на процес концентрування, від тривалості якого залежить харчова цінність і якість готового продукту . Тому велика увага приділяється процесу підготовки томатної маси перед концентруванням, особливо з моменту надходження на переробку томатів сортів механізованого збору [71, 73, 74, 75].

Складність переробки томатів сортів механізованого збору, пов'язана зі структурно-механічними і фізико-хімічними властивостями томатів . Це призвело до необхідності перегляду діючих технологічних прийомів, процесів і параметрів .

Технологія механізованого збору томатів з поля передбачає одноразове збирання . Зібрані томати неоднорідні за якістю . У зборі у містяться плоди різного ступеня зрілості і пошкодження, рослинні і земляні домішки . Такі плоди важче протираються містять багато клітковини, дають більше відходів, під час концентрування підгорають, внаслідок чого різко знижуються органолептичні показники готової продукції .

Вченими був розроблений спосіб так званої "нормалізації" томатної маси з томатів сортів механізованого збору з використанням встановленого на консервних заводах обладнанні, яке серійно випускається . Спосіб передбачає зниження вмісту нерозчинних сухих речовин в томатній масі . Цей спосіб передбачає дроблення свіжих томатів з відділенням насіння, грубе протирання через сита з діаметром отворів 5,0 мм, підігрів до температури $(75 \pm 5)^\circ\text{C}$, протирання через сита (з діаметром отворів 3,0 мм; 1,2 мм; 0,4 мм); при цьому вихід томатної маси становить від 80% до 88%. Відходи піддають процесу розварювання за температурою $(96 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 3 - 5 хвилин в шнекових розварювачах паро- контактним способом . Потім на стекателе відокремлюють рідку фазу - сік, а решту масу направляють на шнековий прес, де відокремлюють решту рідку фазу – сік .

Рідкі фази, які отримали після стікання і пресування фінішують через сита з діаметром отворів 0,4 мм з'єднують з фінішованою раніше томатної масою і подають на концентрування . Таким чином, спосіб «нормалізації» томатної маси вимагає додаткового обладнання (розварювач, стекатель, прес, фінішер, збірні ємності), що значно збільшує вартість отримання концентрованих томатних продуктів .

У зв'язку з тим, що у томатній масі, що надходить на концентрування, відношення значень масової частки розчинних сухих речовин до масової частки нерозчинних сухих речовин (P/HP) має бути не менше 6,5, томатну масу, в якій даний показник менше 6,5, рекомендується використовувати для виробництва томатного пюре .

При підготовці томатної маси для концентрування певне значення має процес попереднього нагріву маси, мета процесу, це інактивація пектолітичних і окислювально-відновних ферментів і мікроорганізмів .

Існує два способи попереднього нагрівання томатної маси: «горячий» («hot – break») і «холодний» («cold – break») [76, 77].

«Cold-break» - спосіб полягає в наступному: томати подрібнюють при звичайній температурі з подальшою витримкою пульпи в приймальному збірнику протягом декількох хвилин . Час витримки має важливе значення, так як звільнені при дробленні томатів ферменти при витримванні впливають на пектинові речовини і розщеплюють їх . Ступінь розщеплення пектину-це функція часу витримання в приймальному збірнику після дроблення, яка має великий вплив на зміни в'язкості соку

При "Hot-break" - способі, нагрів томатів здійснюють поперед або відразу після дроблення . Мета цього способу - якомога швидше провести інактивацію ферментів і зберегти максимальну кількість пектинових речовин в помідорах, що позначається на в'язкості соку . При цьому подрібнені томати надходять в резервуар великої ємності, в якому підтримується температура 90°C . Миттєвий нагрів маси досягається за рахунок змішування подрібненої маси з великою кількістю маси, підігрітої до температури 90°C [78].

Температура попереднього нагрівання має значний вплив на колір соку та концентрату . Якщо плоди знаходяться в стадії неповної зрілості, то температура попереднього нагрівання повинна бути нижчою, щоб уникнути потемніння томатної пасти . Процес попереднього нагрівання має найбільший вплив на консистенцію томатного соку та пасти . При «Hot-break» - способі пектинові речовини не розщеплюються, а їх вміст залежить від температури попереднього нагрівання [79].

Процес попереднього нагрівання повинен протікати з урахуванням властивостей сировини, а також властивостей і виду готового продукту [80, 81]. У плодах неповної зрілості велика частина пектинових речовин міститься у вигляді протопектину . При дробленні томатів і звільнення ферментів відбувається розщеплення розчинних пектинових речовин, в результаті чого в'язкість маси збільшується . Томатна маса, отримана з сировини з підвищеною кількістю пектинових речовин, перед нагріванням повинна витримуватися в прийнятному збірнику більш тривалий час з метою отримання томатної маси низької в'язкості і для полегшення її концентрування . За рахунок обраного встановленого часу і температури регулюється кількість пектинових речовин у увареної масі, що значно впливає на в'язкість томат-ної маси, реологічні властивості і консистенцію пасти при випаровуванні [24, 82].

З сировини, що містить підвищену кількість целюлози і пектинових речовин, при правильному виборі відповідної температури обробки можна отримати томатну масу зі зниженим вмістом пектинових речовин, що полегшує процес концентрування .

Істотно впливає на процес концентрування ступінь подрібнення м'якоті томатів . Зі збільшенням ступеня дисперсності частинок м'якоті зростає рухливість маси і інтенсифікується процес випаровування вологи, що перешкоджає утворенню нагару [84].

В якості оптимального варіанту протирання запропонована двоступенева схема [37], де перша протиральна машина має діаметр отворів сит 2,0-3,0 мм, а друга - 0,5-0,35 мм . одночасно встановлено, що схема протирання і температура

протирається маси не впливають на дисперсний склад м'якоті, а зменшення діаметра отворів в ситі останньої протиальної машини або фінішера призводить до істотного поліпшення дисперсного складу .

В процесі подрібнення і протирання томатів відбувається інтенсивна аерація продукту, що негативно позначається на збереженні вітамінів, особливо вітаміну С . З метою зменшення аерації томатної маси слід проводити ці процеси в умовах вакууму .

Враховуючи значне розмаїття сортів і фізико-хімічних показів томатів, що надходять на виробництво концентрованих томатних продуктів, необхідно проводити корекцію технологічних параметрів з метою підвищення їх економічності, ефективності та поліпшення якості готового продукту .

Способи концентрування томатної маси

При виробництві концентрованої томатної пасти основним процесом є концентрування . Традиційно концентрування томатної маси здійснюють методом термічного концентрування[86]. Методи концентрування шляхом виморожування, кристалогідрантним, електродіалізним шляхом не отримали застосування [87]. Для концентрування томатної маси в промисловості використовуються одно - і багатоступінчасті випарні апарати, які характеризуються високою економічністю використання енергії за рахунок використання декількох ступенів випарювання .

У промисловості найбільшого поширення набули багатокорпусні випарні установки, основним елементом яких є трубчасті циркуляційні контури . Недоліком такого обладнання є трудомісткість в обслуговуванні в зв'язку з тим, що в трубах утворюється нагар, який необхідно постійно видаляти [88]. Для поліпшення умов циркуляції і досягнення найбільш ефективної теплопередачі в конструкціях випарних апаратів використовують горизонтальне або похиле розміщення трубок примусової циркуляції, випарні апарати з виносною поверхнею нагріву .

Перспективним способом концентрування гетерогенних систем є мембранна технологія, яка дає можливість перевести деякі технічні схеми переробки рослинної сировини на якісно нові технологічні та екологічні рівні . Використання мембранних технологій дозволяє практично повністю зберегти в концентрованому продукті біологічно активні компоненти вихідної сировини і різко знизити втрати пари і води в порівнянні з традиційними методами . Вартість концентрування пульпи мікроультрафільтраційним методом становить 0,003-0,17% З відношенням до вартості процесу одноступінчастого концентрування томатних продуктів [89,].

Встановлено, що при використанні двоступеневої мембранної схеми вміст біологічно активних компонентів в концентрованій томатній масі в два рази більше, ніж в продукті, який отриманий термічним методом концентрування [47, 90, 91, 92].

Літературні дані свідчать про те, що отримання висококонцентрованих томатних продуктів методами мембранної технології нераціонально через різке зниження продуктивності при підвищенні масової долі розчинних сухих речовин . Найбільш економічно використовувати мембранні технології в комбінації з методами термічного концентрування[70,92,93]. Використання одноступінчастого мембранного концентрування томатної маси неефективно через малу продуктивності мембран, у зв'язку з вмістом в масі великої кількості м'якоті, що утрудняє процес, і подальшої регенерації мембран [36,95].

Багато вчених пропонують технологію перероблення томатів, яка полягає в тому, що плоди томатів подрібнюють свіжими до середнього розміру частинок 1 мм при максимальному руйнуванні клітин сировини з соком . Тонкого подрібнення досягають в результаті з'єднання процесів подрібнення і руйнування рослинних клітин за допомогою внутрішнього тертя в пульпі, поетапного відділення рідкої фази, перемішування і протирання м'якоті, відділення від неї шкірки, насіння, частинок волокон клітковини . Зазначені процеси відбуваються без теплової обробки за короткий відрізок часу до - 30 с . отриманий таким способом томатний напівфабрикат подають у вакуум випарний апарат для концентруван-

ня, яке здійснюють за температурою від 60 до 70°C . Авторами розроблена і виготовлена малогабаритна машина, облаштована дробильним і протиральним пристроєм .

Наведені дослідження мають як свої позитивні сторони, так і недоліки .

Таким чином, основним методом концентрування є тепловий . Найчастіше для концентрування використовують вакуум-випарні установки різних конструкцій, які мають ряд недоліків, в тому числі значне споживання енергоресурсів . Необхідно вдосконалити способи концентрування, що дозволяють знизити енергоємність і тривалість процесу, за умови збереження високої якості продукту . Проведення досліджень з розробки прогресивних способів концентрування томатної маси є актуальним .

Способи консервування концентрованих томатних продуктів

Метою консервування є отримання продукту, здатного зберігатися тривалий час без значних змін якості . Існує декілька способів консервування концентрованих томатних продуктів, але при будь-якому з них створюються такі умови, коли повністю припиняється або в значній мірі сповільнюється дія мікроорганізмів .

Найбільш широко застосовується спосіб консервування концентрованих томатних продуктів тепловим впливом - стерилізація в потоці з подальшим фасуванням в асептичних умовах, стерилізація способом «гарячий розлив», стерилізація наповнених і закупорених банок в автоклаві, пастеризація в пастеризаторі погіблого або зрошуваного типу, а також використання консервантів [95-101].

Тепловий вплив - короткочасна високотемпературна стерилізація в асептичних умовах, заснована на принципі припинення життєдіяльності мікроорганізмів і життєвих процесів під дією фізичних факторів . Консервування хімічними консервантами засноване на придушенні життєдіяльності мікроорганізмів під впливом хімічних речовин, введених ззовні[102, 103].

Використання хімічних консервантів дозволяє скоротити технологічний процес виробництва і знизити витрати енергоресурсів. Однак при їх використанні через певну кількість часу в концентрованих томатних продуктах відбувається зниження вмісту сухих речовин - це пояснюється тим, що в продукті можливий розвиток дріжджів. Також продукт, консервований хімічними консервантами, має обмеження при використанні у виробництві інших видів продукції та нетривалий термін зберігання у зв'язку зі зміною органолептичних та фізико-хімічних показників [85, 104].

Відома технологія консервування концентрованої томатної пасти з подальшим фасуванням при температурі від 85°C до 90°C в ємності з додаванням кухонної солі, при контрольованих умовах зберігання (температура не вище 15°C). Тривалість зберігання продукції, консервованої таким способом, обмежена через можливий розвиток в ній цвілі і дріжджів[47].

Поширений спосіб консервування концентрованої томатної пасти методом гарячого розливу без подальшої стерилізації [105, 106, 107]. Для цього використовують скляну тару з віночком горловини типу I-82, місткістю від 3,0 дм³ до 10,0 дм³ і бляшану тару № 14 і 15, місткістю 3,0 дм³ і 9,0 дм³. Перед фасуванням продукт протягом 10 - 12 хвилин прогрівають при температурі 96°C, після фасування і закупорювання банки охолоджують водою до температури не більше 40°C. Повільне охолодження банок з продуктом небажано, так як при цьому томатна паста в центрі банки охолоджується тривалий час, що призводить до потемніння томатної пасти і погіршення її смаку. Недолік методу гарячого розливу концентрованої томатної пасти в жерстяні банки пов'язаний з можливою сильною деформацією корпусу, викликаної вакуумом, який утворюється в банку в результаті конденсації парів, що знаходяться над гарячим продуктом [12,72,108]. Вченими запропоновано для запобігання деформації вносити кислий вуглекислий натрій NaHCO_3 .

Найбільш прогресивним методом теплової стерилізації є асептичне консервування. Метод полягає в короткочасному тепловому обробленні концентрованої томатної пасти в потоці при підвищених температурах (від 120°C до

130°C) протягом 120 секунд, з подальшим миттєвим охолодженням до температури 35°C і фасуванням у стерильних умовах в попередньо стерилізовану тару з закупорюванням в асептичних умовах. Всі ці умови виконуються автоматично в закритій і взаємопов'язаній апаратурі. При асептичному консервуванні приблизно в 50 разів скорочується тривалість стерилізації, поліпшується якість продукту, досягається економія енергоресурсів.

На відміну від стерилізації консервів в банках, короткочасна стерилізація продукту при високих температурних режимах в поєднанні з таким же швидким охолодженням до фасування, дає можливість отримати високоякісну концентровану томатну пасту, практично не має відмінностей за органолептичними властивостями, харчовою та біологічною цінністю від нестерилізованої. Удосконалення технології асептичного консервування концентрованої томатної пасти йде за шляхом використання м'яких контейнерів (багатошарових мішків з ущільнювальним клапаном) місткістю від 0,5 дм³ до 1,4 м³ з використанням принципів асептичного консервування.

Асептичний метод є одним з найбільш надійних способів консервування. Сутність способу полягає в тому, що стерилізованим продуктом заповнюють стерильні ємності різного об'єму - від грамів до декількох сотень кубічних метрів - в умовах, що виключають повторне інфікування асептичне консервування значно скорочує тривалість стерилізації, дозволяє поліпшити якість продукції. Значно скорочуються питомі витрати пари, води, електроенергії в порівнянні з традиційними методами консервування. Метод асептичного консервування дозволяє при високій продуктивності створити поточність виробництва, механізувати і автоматизувати процеси. Обладнання для асептичного консервування вимагає високого рівня технічної та гігієнічної дисципліни обслуговування та контролю.

Технологічний процес асептичного консервування складається з наступних операцій: підготовка обладнання, що включає ревізію установки, її санітарну обробку; визначення герметичності; стерилізація обладнання, продуктопроводів і резервуарів; збірка і установка бактеріологічних фільтрів, за умови вико-

ристання повітря для підтримки тиску в системі; стерилізація і охолодження продукту і заповнення його в асептичний мішок або резервуар . Технологічний процес повинен супроводжуватися мікробіологічним контролем продукту, санітарного і мікробіологічного стану обладнання, трубопроводів, арматури і асептичних мішків, контролем технологічних параметрів .

Перші лінії з асептичного консервування включали апарати і пристрої для пароконтактної потокової стерилізації продукту попередньо очищеною паром при тиску 0,3 МПа, вакуумного охолодження продукту протягом декількох секунд і подальшого фасування у великі ємності . Продуктивність установки - 1,5 т/год при стерилізації томатної пасти за температурою 124 °C протягом 4 хв . конструкція ємностей дозволяє частково вивантажувати продукт і відбирати проби без порушення стерильності і асептичних умов зберігання всього продукту .

На сьогоднішній день розроблені і впроваджені комплекси обладнання для асептичного консервування які призначені для:

- санітарної обробки, миття та парової стерилізації обладнання, резервуарів, продуктопроводів;

- стерилізації продукту в потоці у пароконтактному теплообміннику, який нагріває продукт до температури від 45-50 °C до 125- 138 °C;

- охолодження продукту у два етапи: у атмосферному охолоджувачі від температури 125 - 130 °C до 98 °C , потім у вакуумному охолоджувачі до температури 35 - 40 °C у стерильних умовах з відновленням вихідної концентрації продукту;

- заповнення резервуарів стерильним продуктом у асептичних умовах і його тривалого зберігання в стерильних умовах

Американська фірма «FAM» виготовляє установки для асептичного консервування, які здійснюють процес стерилізації концентрованої томатної пасти з початковою температурою не нижче 60 °C і нагріванням її до температури 95 - 98 °C з мінімальною тривалістю витримки від 3 до 3,5 хв . Витримувач являє собою ємкість, у яку для підтримки температури стерилізації томатної пасти подається незначна кількість пари . Система охолодження складається з камери мит-

тєвого охолодження до температури 30 °C . Охолодження відбувається за рахунок вакууму, створюваного конденсатором і ежектором . Всі фланцеві з'єднання на установці мають бактеріологічні затвори .

Фірни країн ЄС виготовляють лінії для асептичного консервування до складу яких входить дифузійний стерилізатор, що складається з двох циліндричних вертикальних резервуарів з конічним дном . Продукт при стерилізації впорскується в резервуари через розпилювальні сопла у парову середу . Охолодження продукту йде в два етапи . Попереднє охолодження до температури 98 °C проводиться в розпилювальному охолоджувачі, що працює при атмосферному тиску, і подальше охолодження з початкової температури 98 °C до температури 35 °C у трьохкорпусному трубчастому охолоджувачі .

Асептичне консервування концентрованих томатних продуктів є перспективним методом . Однак, різноманітність апаратних способів реалізації даного методу в кожному конкретному випадку вимагає розробки науково-обґрунтованих режимів проведення процесу .

II. РЕОЛОГІЧНІ, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОМАТІВ

Реологія (від грецького *rheos* – течія, потік і *logos* – слово, навчання) – наука про деформації і плинності речовини . Розглядає процеси, пов'язані з незворотними залишковими деформаціями і перебігом різноманітних в'язких і пластичних матеріалів, явища релаксації напружень тощо . Реологія тісно пов'язана з гідромеханікою, теоріями пружності, пластичності і повзучості, в цій науці широко користуються методи в'язкозиметрії .

Реологічні властивості (від грецького *rheo* текти) - деформаційні властивості матеріалів (твердих, рідких або газоподібних) незалежно від того, з яких субодиниць (компонент) вони складаються . Основні змінні (вимірювані в дослідках або одержувані з розрахунків), що описують деформаційну поведінку середовища, - деформації і швидкості деформацій .

Продукти харчування характеризуються комплексом простих і складних властивостей - хімічних, фізичних, технологічних, фізика-біологічних та ін, сукупність цих властивостей визначає їх корисність для людини . Корисність продуктів харчування характеризується харчовою, біологічною, фізіобіологічною, енергетичною цінністю, доброякісністю та органолептичними властивостями .

Вплив технологічних процесів на фізико-хімічні характеристики томатної маси

Якість концентрованих томатних продуктів знаходиться в прямій залежності від особливостей томатної сировини, що надходить на виробництво .

В Україні томати вирощують в південних регіонах, які мають родючі ґрунти і сприятливі кліматичні умови . У Китаї аналогічна тенденція . Ми розглядали різні сорти, які вирощують в провінції Сіцзян і Внутрішньої Монголії .

Серед великого числа сортів томатів, які традиційно вирощують у Китаї та Україні, не завжди відповідають вимогам технологічності, щоб відповідали одночасно вимогам промислового вирощування, включаючи збирання і переробку на концентровані томатні продукти .

При відборі томатів із загальної партії, після механізованого збору спостерігалися негативні моменти . На малюнку 2.1 Показані томати, урожай 2023 року . Чітко видно, що зовні помідор повністю відповідає показникам якості . При цьому при розгляді томату в розрізі, видно включення недостиглого компонента, а також нестабільність кольору .

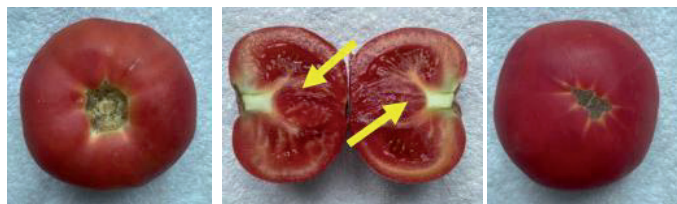


Рис. 2.1 Томат урожай 2023, у різній площині

Томати, що надходять на перероблення, повинні бути в технічній стадії зрілості, найбільш характерними ознаками якої є розміри плоду, його щільність, колір, смак, аромат, консистенція .

Нами проведені дослідження сортів томатів, які традиційно вирощують у Китаї та Україні . Результати досліджень наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Технічний аналіз томатів сортів механізованого збору

Сорт томатів	Форма плоду	Окраска	Маса . г	Терміни дозрівання
Сорти які вирощені у Китаї				
Tunhe 5501	овальна	ярко-червоний	70 - 80	середній термін дозрівання
Lichun 丽春	округла рівна	червона рівномірною	65 - 75	середній термін дозрівання
Jinanfenhong 济南粉红	округла рівна	червона рівномірною	65 - 75	ранній термін дозрівання
Ruixingdabao 瑞星大宝	овальна	ярко-червоний	55 - 65	середній термін дозрівання
Сорти які вирощені в Україні				
Лагідний	овальна	червона рівномірною	40-65	середній термін дозрівання
Факел	округла рівна	оранжево-червона	30-50	ранній термін дозрівання
Господар	овальна	червона рівномірною	45-65	ранній термін дозрівання

Велике значення для томатів, призначених для промислової переробки, має масова частка розчинних сухих речовин, яка визначається за рефрактометром . У томатах, призначених для виробництва концентрованих томатних продуктів, масова частка розчинних сухих речовин повинна бути більше 4,5%, так як від цього залежить витрата сировини на одиницю готової продукції, витрати праці, енерговитрати, продуктивність вакуум-випарних установок .

Від показника активної кислотності залежить режим стерилізації готового продукту, тому для переробки бажано використовувати сорти томатів з показником pH не більше 4,4.

Смакові якості готового продукту залежать від співвідношення в томатах цукру і кислоти . Приємний кисло-солодкий смак забезпечується, якщо цукрово-кислотний індекс перебувати в межах від 4,0 до 7,0.

Важливе значення при виробництві концентрованих томатних продуктів має відношення розчинних сухих речовин до нерозчинних сухих речовин. Цей показник в якійсь мірі характеризує в'язкість томатної маси, що надходить на концентрування, наявність великої кількості нерозчинних сухих речовин (клітковини, целюлози, геміцелюлози, протопектину) значно збільшує тривалість концентрування, викликає пригар, і погіршення кольору готового продукту. Найкращим є співвідношення розчинних і нерозчинних сухих речовин в протертою томатної масі, в межах від 7 до 10.

Хіміко-технологічна характеристика сортів томатів, які традиційно вирощують у Китаї та Україні, наведені в таблицях 2.2, 2.3, 2.3.1

Таблиця 2.2

Технологічна характеристика сортів томатів

Найменування сорту	Насіння %	Шкірочка %	Відходи які не використовуються, %	pH
Сорти які вирощені у Китаї				
Tunhe 5501	0,8	1,8	4,6	4,10
Lichun 丽春	1,0	1,7	4,8	4,35
Jinanfenhong 济南粉红	2,2	1,5	4,8	4,17
Ruixingdabao 瑞星大宝	2,1	1,6	4,4	4,21
Сорти які вирощені в Україні				
Легідний	0,5	1,2	3,5	4,20
Факел	0,4	1,4	5,2	4,21
Господар	0,9	0,9	4,7	4,20

Кількість відходів, які не використовуються при виробництві концентрованих томатних продуктах перебувають в діапазоні від 3,5 до 5,2 %. Що характерно величини практично однакові як в томатах, сортів вирощених в Китаї та Україні.

Таблиця 2.3

Хімічна характеристика сортів томатів

Найменування сорту	Масова частка, %				
	розчинних сухих речовин, (P)	титруємих кислот (в розрахунку на лимонну кислоту)	нерозчинних сухих речовин, (HP)	азотистих речовин	загально-го цукру
Сорти які вирощені у Китаї					
Lichun 丽春	5,8	0,53	0,96	1,0	4,8
Jinanfenhong 济南粉红	6,1	0,59	0,88	1,5	5,1

Продовження таблиці 2.3

Найменування сорту	Масова частка, %				
	розчинних сухих речовин, (P)	титруємих кислот (в розрахунку на лимонну кислоту)	нерозчинних сухих речовин, (HP)	азотистих речовин	загально-го цукру
Сорти які вирощені у Китаї					
Ruixingdabao 瑞星大宝	3,8	0,21	0,96	0,9	2,9
Сорти які вирощені в Україні					
Легідний	5,6	0,45	0,85	1,1	5,0
Факел	5,0	0,27	0,91	1,5	4,5
Флора	5,0	0,38	1,06	1,3	4,5

Результати досліджень, які наведені в таблиці 2.3 свідчать, що томати різних сортів за показниками хімічної характеристики знаходяться приблизно в одному діапазоні. Необхідно відзначити високий вміст масової частки розчинних сухих речовин в середньому 5,5 %. Томати мають пружну-тверду структуру. Для зберігання і товарного вигляду це хороший показник. Але це негативно впливає на процес концентрування. На перших етапах процесу концентрування починається карамелізація і пригар. Різко знижуватися показники якості та безпечності продукту.

Таблиця 2.3.1

Хімічна характеристика сортів томатів

Найменування сорту	Співвідношення розчинних речовин до нерозчинних (P/HP)	Масова частка вітаміну С, X · 10 ⁻³ %	Цукрово-кислотний індекс
Сорти які вирощені у Китаї			
Lichun 丽春	5,8	20,9	14,3
Jinanfenhong 济南粉红	6,1	37,8	15,1
Ruixingdabao 瑞星大宝	4,8	24,4	10,8
Сорти які вирощені в Україні			
Легідний	6,6	22,6	11,0
Факел	5,5	28,5	16,0
Флора	4,7	18,4	12,0

Слід зазначити, що томати сортів, які традиційно вирощують у Китаї за хімічною характеристики, краще. Відзначається високий вміст масової частки вітаміну С. У той же час відзначається хороше співвідношення цукрово-

кислотного індексу . Цукрово-кислотний індекс у томатах усіх досліджуваних сортів перевищує показник 7,0. В цілому помідори досліджуваних сортів, які традиційно вирощують у Китаї та Україні, відповідають встановленим вимогам .

Таким чином, за сумою показників, що характеризують придатність томатів для виробництва концентрованих томатних продуктів, найбільш придатними можна вважати помідори сортів- Lichun 丽春; Jinanfenhong 济南粉红; Ruixingdabao 瑞星大宝; Лагідний; Флора . У помідорах наведених сортів, вивчали склад полісахаридів, які впливають на в'язкість томатної маси, що надходить на концентрування .

З даних наведених в таблиці 2.4, слід зазначити, що основним компонентом м'якоти помідорів є клітковина . У досліджуваних сортах помідорів її вміст є переважаючим .

Таблиця 2.4

Хімічний склад м'якоти помідорів, %

Найменування сорту	Масова частка				
	Геміцелюлоза	Целюлоза	Лігнін	Пектинові речовини	
				Розчинні форми	Нерозчинні форми
Сорти які вирощені у Китаї					
Lichun 丽春	0,6	0,79	0,38	0,2	0,57
Jinanfenhong 济南粉红	0,6	0,76	0,36	0,2	0,51
Ruixingdabao 瑞星大宝	0,6	0,78	0,43	0,2	0,51
Сорти які вирощені в Україні					
Лагідний	0,5	0,83	0,35	0,2	0,55
Факел	0,6	0,76	0,32	0,2	0,56
Флора	0,7	0,92	0,41	0,2	0,48

Аналізуючи результати досліджень хімічного складу м'якоти помідорів різних сортів, можна зробити висновок, що помідори за смаковими якостями відповідають вимогам . Високий вміст клітковини запобігає пошкодженню, тим самим продовжуються терміни зберігання . У той же час ці показники негативно впливають на показники технологічності . Такі помідори важко піддаються обробці, а саме технологічні процеси як протирання, видалення насіння, концентрування .

Прийнято рішення продовжити дослідження, вивчити технологічність помідорів, впливу процесів і параметрів обробки на якість готового томатного продукту .

Вплив теплових процесів на деструкцію біологічно-активних речовин

Теплова обробка кардинально впливає на деструкцію компонентів, що обумовлюють харчову цінність концентрованих томатних продуктів . Харчова цінність і органолептичні характеристики помідорів і продуктів їх перероблення обумовлена наявністю вітамінів, вуглеводів, органічних кислот, азотистих і мінеральних речовин, зокрема, мікроелементів .

Відомо, що найбільш термолабільними компонентами помідорів є вітаміни, ферменти та білки . З огляду на особливості хімічного складу помідорів, а також технологічні прийоми, що використовуються при виробництві концентрованих томатних продуктів, були проведені дослідження впливу термічної обробки на деструкцію аскорбінової кислоти і пігментного комплексу помідорів . Пігментний комплекс представлено каротиноїдами і хлорофілами .

Для проведення досліджень було розроблено стенд – лабораторну установку . На установці, були проведені наступні технічні операції:

- дроблення помідорів;
- поділ томатної маси на фракції (біла фракція, червона фракція-м'якоть);
- бланшування помідорів цілих, томатної маси, томатних фракцій, (біла фракція, червона фракція-м'якоть);

- протирання томатних мас .
Дослідження проводили серійно:

Серія № 1-Підготовлені помідори мили, інспектували, дробили, бланшували парою за температурою ($t=75\pm 1^{\circ}\text{C}$), масу протирали поетапно на ситах . Діаметр отворів сит - ($\phi = 3,0; 1,5; 0,4 \text{ мм}$)

Серія № 2-Підготовлені помідори мили, інспектували . Цілі помідори, бланшували парою за температурою ($t=75\pm 1^{\circ}\text{C}$). Протирали поетапно на ситах . Діаметр отворів сит ($\phi = 1,8; 0,4 \text{ мм}$)

Серія № 3 - Підготовлені помідори мийли, інспектували . Помідори дробили, бланшували паром за температурою - ($t=75+1^{\circ}\text{C}$). Маса протиралася на ситах . Діаметр отворів сит ($\phi = 3,0; 1,5 \text{ мм}$). Від помідорної маси відокремлювали білу фракцію – плазму .

Серія № 4 - Підготовлені помідори мийли, інспектували . Помідори подрібнювали, бланшували паром за температурою - ($t=75+1^{\circ}\text{C}$). Маса протиралася на ситах . Діаметр отворів сит - ($\phi = 3,0; 1,5 \text{ мм}$). Від помідорної маси відокремлювали червону фракцію - м'якоть без плазми .

Серія № 5 - Підготовлені помідори мийли, інспектували . Помідори подрібнювали . Діаметр отворів сит ($\phi = 30 \dots 35 \text{ мм}$). Маса бланшували паром за температурою - ($t=85+3^{\circ}\text{C}$). Маса протиралася на ситах . Діаметр отворів сит ($\phi = 1,7; 0,5 \text{ мм}$).

Результати досліджень впливу способів попереднього оброблення помідорів на лабільні компоненти помідорної пульпи, до свіжих помідорів наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

**Вплив способу теплової обробки
на збереження лабільних компонентів ($n=3, P\geq 0,95$)**

Серія опыту	Аскорбінова кислота	Сумарні каротиноїди	β -каротин
Серія № 1	70,4	83,8	79,1
Серія № 2	78,1	92,2	88,8
Серія № 3	90,6	-	-
Серія № 4	85,3	98,4	97,6
Серія № 5	71,6	64,7	63,1

Аскорбінова кислота досліджуваних зразків помідорної пульпи при різних особливих способах попередньої обробки сировини з порушенням цілісності клітин і субклітинних структур зменшується від 9,4 до 28,4 %. Зміни каротиноїдів, зміст яких в помідорах значний, також має певні тенденції . Слід зазначити, що дослідження, проведені для сумарних каротиноїдів і β -каротину, корелюють з даними, отриманими щодо зміни вмісту вітаміну С .

З отриманих результатів також слід зробити висновок, що як аскорбінова кислота, так і каротиноїдний комплекс помідорів на початкових стадіях термічного

впливу можуть піддаватися ферментативним змінам . При пошкодженні субклітинних структур помідорів в процесі подрібнення, кисень з міжклітинних просторів і повітря впливає на компоненти протоплазми, активізуючи окислювальні реакції . Інтенсифікація цього процесу відбувається за рахунок вивільнення внутрішньоклітинних ферментів . Так, при інактивації ферментного комплексу і видалення повітря з міжклітинних структур помідорів бланшуванням після подрібнення . Втрати вітаміну С на 7,5 %, а β -каротину – на 13,7 %, що характерно ще вище, ніж при тепловій обробці цілих плодів .

Ступінь механічного впливу надає більший вплив на втрати аскорбінової кислоти – приблизно до 20,2 %, в меншій мірі на втрати каротиноїдів – приблизно до 14,6 %. Однак за результатами проведеного експерименту можливо стверджувати, що максимально впливає на руйнування термічне оброблення, а не механічне подрібнення .

Так як каротиноїди, зокрема, лікопін, вміст якого в помідорах є домінуючим, β -каротин і інші, є хромофорами, що обумовлюють природне забарвлення помідорів; їх руйнування є фактором, що знижує якість концентрованих помідорних продуктів за органолептичними показниками і біологічної цінності .

Хромофорами є також і інші компоненти некаротиноїдної природи, що входять до складу помідорів . Хлорофіли, що містяться в хлоропластах всіх рослинних організмів, обумовлюють зелене забарвлення помідору . У зрілих помідорах вміст хлорофілів незначно, тому переважаючий каротиноїдний комплекс маскує зелені тони . Однак ці фотосинтезуючі пігменти, будучи високо-термолабільними, можуть значною мірою впливати на формування кольору концентрованих помідорних продуктів .

Нами було вивчено сумарний термічний вплив на помідорну масу при переробці на концентровані помідорні продукти, а саме вплив теплового впливу на кінетику розпаду пігментного комплексу помідорів – каротиноїди і хлорофіли (α) і (β).

Аналіз кінетики розпаду лабільних компонентів можливий за аналогією з описом загибелі мікроорганізмів в процесі термічного впливу за умови, що залежність концентрації інгредієнта від часу обробки в напівлוגарифмічній системі координат має лінійний характер .

Результати експериментальних досліджень щодо впливу термічного впливу на лабільні показники пігментного комплексу впливу томатів наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Вплив температури на фактор збереження харчової цінності томатів

Температура оброблення, °C	Значення D, умовних хвилин	Температура оброблення, °C	Значення D, умовних хвилин
60	1520	100	570
70	1290	120	210
80	980	125	160

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити ряд важливих для технології перероблення томатів при виробництві концентрованих томатних продуктів висновків. Величина D, що характеризує тривалість оброблення томатної пульпи в постійному температурному полі, в результаті якої відбувається зниження значення реестрованого показника в 10 разів, плавно зменшується за температурами від 60 до 80 °C, потім різко спадає за температурою 80 °C в порівнянні з 100, 120 і 125 °C.

З літературних джерел відомо, що зміна вмісту каротиноїдів при уварюванні томатної маси за температурою 60 °C під тиском вакууму тягне за собою протягом перших 30 хвилин втрати каротиноїдів, в тому числі β-каротину (провітаміну А) значно вищі (22 - 31%), ніж за температурою 80 °C і 100 °C. Це пояснюється тим, що при більш високих температурах кисень з томатної маси видаляється більш інтенсивно, ніж відбуваються окислювальні перетворення каротиноїдів. Крім того, в окислення полієнових пігментів і хлорофілів йде за ферментативним шляхом у присутності оксиду (пероксидаз, ліпоксидаз, перліпооксидаз), що зберігають свою активність при 60 °C [45].

Отримані нами значення D при різних температурах оброблення корелюють з наявними відомостями.

Для запобігання ферментативного руйнування каротиноїдів і хлорофілів необхідно застосовувати технологічний прийом бланшування за температурою обробки вище 65±5 °C.

Однак, з отриманих експериментальних даних, результати яких наведені вище відомо, що за температурою обробки 80 °C і вище спостерігається різке зниження значень D, що свідчить про підвищення швидкості розпаду пігментного комплексу, а не, як слід було очікувати стабілізація. Це пов'язано з двома основними причинами. По-перше, за рахунок неферментативних окислювальних перетворень, що інтенсифікуються при підвищенні температури і обумовлених подвійним окисленням (соокисленням) каротиноїдів, а також дією кисню, каталізу реакцій деградації пігментного комплексу іонами металів і кислотами. По-друге, за температурою вище 80 °C проходить перегрупування клітинних структур сировини, що супроводжується значним підвищенням лабільності окремих інгредієнтів.

Ці тенденції, цілком ймовірні слід пов'язувати з особливостями стану компонентів пігментного комплексу і міцністю зв'язку каротиноїдів і хлорофілів з білками і ліпідами.

Відомо, що слабо-зв'язані каротиноїди і хлорофіли являють собою асоціацію пігментів з білками, міцно-зв'язане – з ліпопротеїдами. Слід зазначити, що частка каротиноїдів і хлорофілів від загальної їх кількості в помідорах становить вільних - 35,8 і 72,9 %, слабо-зв'язаних - 54,3 і 21,7 %, міцно-зв'язаних – 9,9 і 5,4% відповідно [52]. При цьому необхідно вказати, що найбільшу частку в загальному складі пігментного комплексу томатів займають саме вільні і слабо-зв'язані форми каротиноїдів і хлорофілів, найбільш схильні до термічної деструкції під час технологічного перероблення на концентровані томатні продукти.

Виходячи з наведених характеристик пігментного комплексу томатів, а саме його високої термолабільної дії, для об'єктивної оцінки впливу параметрів технології з метою її подальшої раціоналізації доцільно здійснювати контроль зміни якості сировини за показником сумарного вмісту каротиноїдів і хлорофілів в концентрованих томатних продуктах.

Ступінь руйнування каротиноїдів і хлорофілів при визначенні їх спектрофотометричним методом, дає можливість включити цей показник в число рекомендованих в якості критеріїв параметра контролю якості продукції. З огляду

на загальну тенденцію руйнування каротиноїдів і їх представників, що володіє провітамінною активністю, за ступенем руйнування сумарного пігментного комплексу можливо судити не тільки про органолептичні характеристики готової продукції, але і про її біологічної цінності .

Порівняльна простота експрес методів спектрофотометрії при визначенні каротиноїдів і хлорофілів, дозволяють налагодити експресний автоматизований контроль параметрів функціонування технологічного процесу і його удосконалення з метою забезпечення гарантованої якості готового продукту .

Застосування методу професора Б . Флауменбаума з математичного визначення ефективності термічного впливу для досягнення необхідного ступеня стерильності консервованих продуктів [33] дозволило розрахувати рівень деградації лабільного пігментного комплексу томатів при термічному обробленні в умовах змінного температурного поля . За допомогою методу найменших квадратів отримані константи швидкості реакцій деградації K (с^{-1}), константа термостійкості D (умовні хвилини) і Z ($^{\circ}\text{C}$), емпірично визначені величини енергії активації E_a (кал/моль). Результати розрахунків наведені в таблицях 2.7; 2.8.

Для швидкості деградації суми пігментів, що обумовлюють забарвлення продукту, (каротиноїди + хлорофіли (α) і (β)) енергія активації буде дорівнювати: $E_a=2157,4$ кал/моль; $Z=62,5^{\circ}\text{C}$

Таблиця 2.7

Характеристика швидкості деградації (K) сумарної кількості лабільних пігментів томатів (каротиноїди + хлорофіли (α) и (β)) при $t_{1/10}$

Температура оброблення, $^{\circ}\text{C}$	Значення $K \cdot 10^{-4}$, с^{-1}	Температура оброблення, $^{\circ}\text{C}$	Значення $K \cdot 10^{-4}$, с^{-1}
60	15,15	100	40,40
70	17,85	120	109,67
80	23,50	125	143,94

Відповідно до отриманих даних, підвищення температури на 60°C (інтервалі з 60°C до 120°C) збільшують константу швидкості розпаду пігментів у 7,24 рази, а період напіврозпаду, відповідно, знижується . Достатньо швидкі темпи наростання констант швидкості розпаду пігментного комплексу, а також по-

казник термостійкості Z , що характеризує підвищення температури ($^{\circ}\text{C}$), необхідне для зниження показника руйнування пігментного комплексу у 10 разів, дозволяють підтвердити раніше зроблені висновки щодо достатньо високої термолабільної дії пігментів томатів, пов'язаної з їх хімічною будовою і великою часткою вільних і слабо-зв'язаних компонентів . На термічну стійкість пігментного комплексу також впливає наявність кислот, які у багатій кількості містяться томати, і мала кількість легкорозчинних білків, які можуть надавати протекторну дію на пігменти .

Отримані значення (K) для лабільного пігментного комплексу томатів дозволяють об'єктивно порівнювати розроблювані технології виробництва концентрованих томатних продуктів з точки зору впливу технологічних режимів оброблення на показники органолептичної та біологічної цінності .

При руйнуванні пігментів утворюються продукти їх розпаду, які можуть не мати колір або можуть бути забарвленими . Руйнування каротиноїдів пов'язано з їх знебарвленням, механізм же руйнування хлорофілів передбачає втрату магнію порфіриновим ядром і, внаслідок цього, утворення феофітинів, які мають оливково-буре забарвлення .

Визначення лабільного показника якості томатних продуктів і вивчення його кінетичних характеристик за термічним впливом (E_a) обумовлює наукове обґрунтування технологічних режимів отримання концентрованих томатних продуктів, проте біологічні особливості томатів, зокрема, з високий вмістом каротиноїдного комплексу, міцно зв'язаного з м'якоттю томатів . Є припущення почати пошук інших можливостей збереження якості, таких технологічних прийомів, які б дозволили знизити термічне навантаження на м'якоть з адсорбованим на ній пігментним комплексом при виробництві концентрованих томатних продуктів .

Вплив термічного впливу на зміни кольорової гами томатної маси

При виробництві концентрованих томатних продуктів, свіжі томати, а конкретно компоненти – все біологічно-активні речовини томатів, зазнають

змін . Відбувається утворення темно-фарбованих з'єднань . Зміна кольору продуктів перероблення томатів, накопичення темних тонів не тільки погіршує органолептичні показники якості готової продукції, знижує її харчову і біологічну цінність, а також свідчить про руйнування природного пігментного комплексу сировини .

Результати дослідження хімічного складу томатів, описані вище, показали, що томати містять різноманітний каротиноїдний комплекс, основним представником якого є лікопін – до 68 %, фітоїн – до 55 %, в той же час, каротини містяться в меншій мірі, і складають до 2% від загальної кількості каротиноїдів .

Нами були досліджені зміни каротиноїного складу, кількості хлорофілів (α) і (β), а також колірних характеристик томатної маси – пульпи в залежності від технологічного оброблення сировини .Результати досліджень представлені у таблиці 2.8.

Для постановки експерименту подрібнені томати піддавали бланшуванню з різними температурними режимами і часом витримки, порівнювали з подрібненими томатами без теплового оброблення, час витримування – 20 хвилин .

Таблиця 2.8

Вплив попереднього оброблення свіжих томатів на зміни пігментного комплексу і кольоровості томатної пульпи, %

Технологічна операція	Втрати каротиноїдів						Втрати хлорофілів		Зміни кольору*
	лі-ко-пін	фіто-ін	β -ка-ро-тин	α -ка-ро-тин	γ -ка-ро-тин	ξ -ка-ро-тин	(α)	(β)	
Подрібнення (контроль, $\tau=20$ мін)	28,4	39,2	34,4	30,1	27,7	33,0	51,6	23,8	6
Бланшування парою ($t=75^{\circ}\text{C}$, $\tau=10$ мін)	1,7	1,9	1,3	1,2	0,9	1,0	62,3	19,7	3
Бланшування парою ($t=85^{\circ}\text{C}$, $\tau=15$ мін)	4,2	5,4	4,8	3,7	3,3	3,9	74,3	29,7	9
Бланшування парою ($t=100^{\circ}\text{C}$, $\tau=20$ мін)	36,8	41,2	38,7	32,4	28,7	34,9	89,1	34,9	11
Примітка . * - за Томаколом, Дподіл . умовної шкали до висхідної у свіжій сировині									

З отриманих результатів експерименту випливає, що пігментний комплекс томатів піддається ферментативному руйнуванню оксидазами (варіант подрібнення без теплової обробки), при цьому ступінь руйнування каротиноїдів досягає 39,2 %, а хлорофілів – 64,6 %. Максимальне збереження пігментного комплексу спостерігали у випадку мінімального теплового оброблення (варіант $t=75^{\circ}\text{C}$, $\tau=10$ хв .), однак з виробленої інактивацією нативного ферментного комплексу томатів . У цьому випадку каротиноїди зберігалися краще, втрати склали лише від 0,9 до 1,9 %, втрати хлорофилльного комплексу мали ті ж тенденції – до 62,3 %.

Максимальні втрати каротиноїдів і хлорофілів були відзначені у варіанті з обробленням за режимом $t=100^{\circ}\text{C}$, $\tau=20$ хв . – 41,2 і 89,1% відповідно .

Слід відзначити той факт, що при розподілі, ідентифікації та кількісному визначенні окремих каротиноїдів була виявлена їх різна здатність до руйнування . При цьому явно простежуються загальні тенденції легкого руйнування у певних каротиноїдів як у випадку ферментативної, так і термічної деградації . Так, максимальні втрати спостерігали у фітоїна у всіх варіантах експерименту, його втрати склали до 41,2 %; γ -каротин - самий стійкий з ідентифікованих каротиноїдів томатів (до 28,7 %).

Руйнування хлорофилльних компонентів також мають явні тенденції незалежно від факторів впливу: ферментативної або теплової природи . Так, руйнування хлорофілу (α) перевищує втрати хлорофілу (β) у 2 рази у варіанті без теплового оброблення, у варіанті з жорстким термічним обробленням ці показники відрізняються майже в 3 рази .

З цього можна зробити висновок про високу нестійкості хлорофілів при технологічному впливі – подрібненні, термічному обробленні .

Отримані результати кількісних визначень пігментів корелюють зі зміною кольоровості томатної маси .

Мінімальні зміни показників спостерігали при м'якій тепловій інактивації ферментів – зміна кольору лише в 3 поділки умовної шкали, максимальні – при жорсткому термічному впливі – до 9 поділки умовної шкали . Аналізуючи отри-

мані результати, стає очевидним той факт, що зміна кольору томатної пульпи залежить від ступеня руйнування пігментів, причому, так як продукти руйнування каротиноїдів слабо пофарбовані або нефарбовані, то основний внесок у зміну кольору вносять продукти руйнування хлорофілів, які мають темну, буре забарвлення – феофітін і феофобіди – і це є причиною змін забарвлення продукту.

Отже, руйнування пігментного комплексу томатів має ферментативну і неферментативну природу. Однак термічне вплив чинить більший вплив на зміну кольоровості томатної маси.

Для вивчення і встановлення потенційної реакційної здатності, стійкості до знебарвлення, внаслідок термічного оброблення, так само як результат впливу на органолептичні якості концентрованих томатних продуктів і їх біологічну цінність, був проаналізований біосинтез каротиноїдів в томатах і їх абсорбційні максимуми поглинання.

У літературних джерелах є розрізнені дані про схеми перетворення і накопичення каротиноїдів в томатному сировину [35, 56].

Біосинтез каротиноїдів *in vivo* відбувається від найбільш легко руйнуючого з'єднання до більш сталого, результати експерименту щодо втрат каротиноїдів при переробленні, наведені у таблиці 2.8, повністю підтверджують наведену та узагальнену схему біосинтезу каротиноїдів.

Різноманітність складу та масової частки каротиноїдів в томатах роз'яснює їх різну форму збереження при переробленні. Продукти початкового розпаду каротиноїдів являють собою апо-, секо- і норкаротиноиди, кінцеві – різні епоксиди.

Потенційна стійкість каротиноїдів до руйнування в основному пов'язана з їх хімічною будовою, а саме - кількістю кон'югованих подвійних зв'язків, наявністю включених в молекулу циклів, які обумовлюють їх реакційна здатність. Особливості структури полієнових речовин позначаються на їх хромофорних властивості [55], зокрема, на абсорбційних максимумах поглинання каротиноїдів. При деградації каротиноїдів на початкових етапах змінюється кількість кон'юго-

ваних подвійних зв'язків в молекулі, абсорбційні максимуми внаслідок батохромного ефекту зміщуються в бік більш низьких хвиль, що і призводить до ослаблення забарвлення.

Аналіз даних, наведених у таблиці 2.9, а також початкова кількість і зміна вмісту окремих каротиноїдів у томатній пульпі, в залежності від теплового впливу на сировину, дозволяє зробити висновок про те, що найбільший внесок у кольоровість томатної маси припадає на частку лікопіну. Руйнування лікопіну в процесі термічного оброблення веде до його знебарвлення, і, як наслідок, зміни кольоровості томатної маси.

Таблиця 2.9
Вплив кількості кон'югованих подвійних зв'язків і кільцевої структури на максимуми поглинання окремих каротиноїдів (петролейний ефір)

Каротиноїд		Кількість у молекулі	Максимум поглиблення, нм		
Фітоін	Кон'юговані подвійні зв'язки	3	275	285	296
Фітофлуін		5	331	348	367
ξ-каротин		7	378	400	425
Нейропорин		9	416	440	470
Лікопін		11	446	472	505
γ-каротин	Циклічні складові	11	431	462	495
β-каротин		11	425	451	483

До складу томатів входить до 120 мг/100 г сухих речовин хлорофілів, які також беруть участь у формуванні забарвлення плодів. В основному складова хлорофілу пігментного комплексу томатів представлена хлорофілами двох видів: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ – хлорофіл (α); $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ – хлорофіл (β).

В молекулі хлорофілу міститься велика кількість центрів не насиченості, зокрема, як і у каротиноїдів, система кон'югованих подвійного зв'язку. Такі особливості хімічної будови порфіринів та їх похідних обумовлюють не тільки хромофорні властивості, але і високу реакційна-здатність.

З таблиці 2.8 випливає, що саме хлорофільна складова пігментного комплексу томатів є найбільш нестабільною.

За результатами наших досліджень і думку деяких вчених, хлору-рофіли легко руйнуються при дії світла, тепла, хімічних агентів, що можна констатувати зниження максимумів спектрів поглинання (табл. 2. 10).

Продукти руйнування хлорофілу є більш стабільними, ніж вихідна речовина, що утворюються безмагнієві форми: феофітини і феофорбіди. Вони мають істотні відмінності у своїй кольоровій характеристикі, а саме значний вміст хлорофілів у вихідній сировині надає концентрованим томатним продуктів не привабливий колір темо-бурого забарвлення.

Таблиця 2.10

Спектральні характеристики хлорофілів

Показник	Максимуми спектрів поглиблення, нм						
Хлорофіл (α)	660,0 (головний)	612,5	572,5	527,5	497,5	427,5	410,0
Хлорофіл (β).	642,5	592,5	567,5	547,5	502,5	452,5	430,0

Отримані результати з вивчення впливу теплового оброблення на деструкцію хлорофілів (α) і (β) показали, що процес руйнування починається вже за температурою вакуумного концентрування томатної пульпи –60 °С. При підвищенні температури і часу впливу хлорофілу руйнуються практично повністю (втрати складають до 80% по відношенню до початкового вмісту в томатній пульпі). На швидкість і шлях фізико-хімічного руйнування хлорофілів впливає кислотність томатів.

Таблиця 2.11

Вплив теплового впливу на руйнування хлорофілів і зміну кольору томатної пульпи

Вид оброблення то- матної пульпи	Вміст в мг/100 г сухих речовин						Зміна кольору*
	хлорофіли		феофітини		феофорбіди		
	(α)	(β)	(α)	(β)	(α)	(β)	
Без оброблення (кон- троль)	43,12	25,84	1,54	-	-	-	0,0
Прогрівання t=60℃, τ=10 хвилин	32,45	24,03	9,82	1,07	0,96	-	3,5
Прогрівання t=85℃, τ=15 хвилин	22,12	21,04	20,03	3,87	1,86	0,93	7,0
Прогрівання t=100℃, τ=20 хвилин	9,38	12,48	31,10	10,19	3,49	3,02	12,5
Примітка . * - за Томаколом, Δ поділ . умовної шкали до контролю							

Накопичення продуктів деградації хлорофілів на початкових етапах незначно. Слід зазначити, що при структурній модифікації хлорофілу з (α)-форми утворюються аналоги (α)-ряду, а з хлорофілу (β) – аналоги (β)-ряду. У зв'язку з цим, експериментальні дані свідчать про високу нестійкість хлорофілу (α), так як навіть на етапі відсутності термічного впливу на томатну масу - пульпу спостерігали незначні кількості феофітину (α).

Феофорбіди, як продукти глибших перетворень, утворюються в менших кількостях, ніж феофітини. Однак, вже при нагріванні до температури 60 °С спостерігається та ж тенденція високої нестійкості хлорофілів (α), з утворенням не тільки феофітинов (α)-ряду, але і феофорбідів (α) в незначних кількостях.

Підвищення температури і тривалості термічного впливу на томатну масу - пульпу знаходиться в прямій кореляції не тільки з глибиною руйнівних перетворень хлорофільного комплексу, але і зі зміною кольоровості томатної маси - пульпи.

Тенденції накопичення феофітинів і феофорбідів знаходиться в повній відповідності зі зміною кольоровості томатної маси - пульпи, що вказує на їх значний внесок у формування органолептичних показників томатної продукції.

Формування кольору концентрованих томатних продуктів залежить не тільки від знебарвлення каротиноїдів і перетворень хлорофілів. В процесі концентрування подрібненої багатокомпонентної томатної системи відбуваються різні хімічні перетворення, обумовлені рядом факторів.

Проблемі формування і накопичення темнофарбованих сполук при переробленні томатів, приділяли увагу деякі дослідники [14, 64], які відзначали, що накопиченню темних тонів сприяють реакції окислення різних речовин, а саме тирозину, ді - і трифенолів, пірокатехіна та інших сполук з утворенням меланінів, а також реакції Майара, утворення фурфуролу, гідрокси - і оксиметилфурфуролу (ОМФ), поліфеноламінів, флорафенів та інших сполук.

З огляду на, те що термічне оброблення томатної маси при її концентруванні веде до знебарвлення каротиноїдного комплексу, природна забарвлення

сировини стає менш інтенсивної і не маскує темнофарбовані новоутворенні продукти окислення .

Слід також відзначити той факт, що зростання концентрації компонентів системи при концентруванні томатної маси - пульпи сприяє зростанню швидкості залучення нутрієнтів в реакції перетворень .

Зміна показників якості томатів при термічному обробленні зі зміною пігментного комплексу сировини, а також залученням до перетворення різної хімічної природи, що супроводжуються накопиченням темнофарбованих продуктів практично всіх компонентів хімічного складу-білків, амінокислот, оліго-і моносахаридів . Оскільки забарвлення концентрованих томатних продуктів є комплексною характеристикою і залежить від наявності різних хромофорних груп, то їх руйнування в пігментах і накопичення в процесі термічної обробки і всього технологічного процесу концентрування темнофарбованих сполук різної природи змінює яскравість і чистоту кольору .

Для кількісної оцінки накопичення продуктів, зміни кольору від червоного до насиченого коричневого, в слідстві нагрівання, нами поставлений експеримент, аналогічний дослідженню кінетики розпаду лабільних інгредієнтів томатної маси .

Для постановки експерименту, томатну масу - пульпу запаювали у тонкі скляні ампули і прогрівали в діапазоні температур від 60 до 125 °C . Поява накопичення темнофарбованих сполук, свідчило про зміну кольору томатної маси – пульпи . Дослідження проводили за стандартним методом на приладі Томаколор . Середньостатистичні дані піддавали регресійному аналізу, потім з рівнянь регресії визначали константи D і Z, що характеризують швидкість накопичення темноокрашених з'єднань у томатній масі в залежності від тривалості і температури теплового оброблення . Результати проведених експериментальних досліджень і розрахунків зведені у таблиці 2.12.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що зміна кольору томатної маси – пульпи, відбувається більш прискореними темпами, ніж деградація пігментного комплексу (в середньому в 1,7...2 рази). Тому темно забарвлені проду-

кти взаємодії різних речовин томатів є важливою компонентом у формуванні кольоровості готової концентрованої томатної продукції .

Таблиця 2.12

**Зміни сумарного показника кольору томатної маси
(накопичення темнофарбованих з'єднань) при тепловому впливі**

Температура впливу, °C	Значення D, умовних хвилин	Температура оброблення, °C	Значення D, умовних хвилин
60	725	100	225
70	590	120	108
80	385	125	81

Z=41°C

Сумарний вплив ослаблення кольору природного пігментного комплексу і утворення темнофарбованих сполук призводить до небажаної зміни органолептичних показників готової продукції . Пошук рішень даної проблеми може базуватися на використанні нових методів і технічних прийомів при виробництві концентрованих томатних продуктів, заснованих на регулюванні та запобіганні небажаних процесів, що впливають на якість готової продукції .

Колоїдна-хімічна характеристика томатної маси

Протерта томатна маса-пульпа, що надходить з протиральної машини в випарний апарат для концентрування, являє собою багатокомпонентну фізико-хімічну систему з певними властивостями .

До основних особливостей томатної пульпи відносять її різко виражену полідисперсність і гідрофільність . Наявність в пульпі речовин, що знаходяться у вигляді молекул і іонів – цукрів, органічних кислот, зольних елементів-практично не впливає на її реологічні властивості . В'язкість протертої томатної маси обумовлюють речовини, що знаходяться в колоїдному стані і грубодисперсній фазі .

Колоїдна фаза томатної маси-пульпи представлена головним чином пектиновими речовинами, частково геміцелюлози і білками томатів . Окремі частинки м'якоті, розмір яких становить 0,2-800 мкм, утворюють грубодисперсну фазу . Найбільше значення на процес концентрування надає саме суспендована фракція пульпи, нерозчинні в соку речовини .

Другою характерною особливістю томатної маси-пульпи є її висока гідрофільність, що залежить від наявності в системі пектинових речовин, крохмалю, білків . Вихідна сировина-томати - багаті гідрофільними компонентами, які можуть ускладнювати технологічний процес уварювання при отриманні концентрованих томатних продуктів: до 2,9% пектинових речовин; вміст крохмалю може досягати 6,4% в перерахунку на суху речовину .

Слід звернути увагу, що при тепловому впливі (прогрівання томатної маси - пульпи в підігрівачі під впливом вакууму, власний процес концентрування в випарних апаратах) вміст розчинного пектину в томатній масі-пульпі збільшується по відношенню до вихідного, що пояснюється гідролізом протопектину . Сумарна гідрофільність системи в процесі перероблення пульпи збільшується не тільки за рахунок гідролізу, збільшення цього показника пов'язано також з теплової клейстеризацією крохмалю і коагуляцією білків . При виробництві концентрованих томатних продуктів великий вплив на зміну реологічних показників томатних мас має як дисперсність системи, так і її гідрофільність .

Встановлено, що зі збільшенням молекулярної маси молекул розчиненої речовини, кількість зв'язаної води зростає . Відповідно, полімери, що входять до складу харчового продукту, пов'язуючи воду, збільшують в'язкість системи . Повною мірою це відноситься як до розчинених в рідкій фазі томатної пульпи білків, так і полісахаридів . Вміст останніх відносно збільшується за рахунок переходу протопектину в розчинний пектин при тепловому обробленні або дії пектолітичних ферментів .

М'якоть томатів, у складі яких вміст клітковини до кінця процесу дозрівання збільшується, також здатна зв'язувати воду . В результаті зростаюча кількість зв'язаної води збільшує в'язкість томатної маси і не дозволяє сконцентрувати її до 30% сухих речовин .

Перераховані вище фактори у процесі концентрування призводять до:

- різкого зменшення конвекції маси, яка уварюється
- осідання грубодиспергованих частинок на поверхні нагріву апаратури, що веде до утворення нагару .

Для вивчення вмісту зв'язаної води в томатних масах визначали кількість спиртонерозчинних речовин в томатах . Значення такого показника корелює зі здатністю даної системи до вологазв'язування . До спиртонерозчинних речовин відносять не тільки власне м'якоть, а й осаджувані спиртом з рідкої фази високомолекулярні сполуки: целюлозу, пектинові речовини, протеїни .

Результати досліджень вміст спирторозчинних речовин в томатах сортів механізованого збирання наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Спирторозчинні речовини томатів сортів механізованого збору

Найменування сорту	Склад спирторозчинних речовин,%			
	загальний, % до маси томатів	склад, % (до маси спирторозчинних речовин)		
		протеїн	пектинові речовини	целюлоза
Сорти які вирощені у Китаї				
Lichun 丽春	1,49	20,1	22,6	27,8
Jinanfenhong 济南粉红	1,31	18,0	22,9	24,4
Ruixingdabao 瑞星大宝	1,58	23,2	20,7	25,6
Сорти які вирощені в Україні				
Лагодний	1,25	24,1	23,8	26,5
Факел	1,57	17,9	20,5	28,7
Флора	1,34	18,4	21,9	27,3

У спирторозчинних речовинах визначали масову частку деяких складових компонентів, вплив яких на в'язкість системи є особливо значущим – целюлози, азотовмісних і пектинових речовин .

Результати досліджень показали, що для сортів томатів механізованого збору вміст протеїну варіює від 15,8 до 24,1% до загальної маси спиртонерозчинного залишку, пектинові речовини знаходяться приблизно на одному рівні- 20,5...24,3 %. Істотне значення у формуванні гідрофільності системи грає целюлоза, виходячи з її структурних характеристик – рихлості, волокнистості, і кількості – від 22,7 до 28,7% в загальній масі спирторозчинного залишку томатів .

Встановлено, що спостерігається суворя кореляція між вмістом спиртонерозчинних речовин в томатах і в'язкістю одержуваного з них соку . На підставі аналізу хімічного складу томатів - сорти механізованого збору відрізняють-

ся великим вмістом клітковини, лігніну, протопектину, пентозанов, що забезпечують високу водопоглиблювальну здатність м'якоті, що узгоджується з результатами вивчення спиртонерозчинних речовин томатів .

Для вивчення впливу вмісту компонентів м'якоті на реологічні властивості томатної маси досліджували зміну відносної в'язкості в ході технологічного циклу виробництва концентрованих томатних продуктів . Результати дослідження представлені у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14

В'язкість томатних продуктів

Концентрація томатних продуктів, % сухих речовин	Відносна в'язкість, за температурою	
	20°C	80°C
Томатна маса - пульпа після протиральної машини , 5%	1,1	1,03
Томатне пюре, 12%	2,5	1,57
Томатне пюре, 14%	11,0	6,5
Томатне пюре, 19,3%	28,0	14,5
Томатне пюре, 24,7%	145	58,7
Томатне пюре, 29,6%	423	148,5

Темпи збільшення в'язкості томатних мас, які уварюються знаходяться в прямій залежності від вмісту в них розчинних сухих речовин . У міру підвищення концентрації сухих речовин збільшується в'язкість і зменшується конвекція в системі, що пояснюється зростаючим опором середовища по відношенню до пересуванню при конвекції частинок . Так, відносна в'язкість томатної пасти з 29,6% сухих речовин перевищує в'язкість томатної маси - пульпи в 384,5 рази .

Як показали отримані дані дослідження, свідчать, що відносна в'язкість томатної маси - пульпи при уварюванні особливо різко зростає при досягненні концентрації сухих речовин близько 20%, що пояснюється досягненням системою критичної концентрації, коли практично вся залишилася волога знаходиться в зв'язаному стані .

Дисперсний склад томатної маси,

як основний фактор впливу на швидкості концентрування

Технологічний процес протирання томатів, при формуванні томатної маси-пульпи заснований на зміні розмірів частинок м'якоті томатів . Дисперсний склад томатів впливає на реологічні властивості томатної маси, що, в свою чергу, обумовлює якість концентрованих томатних продуктів .

Нами було вивчено вплив дисперсного складу томатної маси-пульпи у залежності від способу її отримання, а також вплив ступеня дисперсності нерозчинних сухих речовин томатів на її реологічні властивості . Фракційний склад нерозчинних сухих речовин визначали за методом, запропонованим Дьяконовой А .К ., який варіював в залежності від режиму роботи протирального агрегату . Результати дослідження представлені у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15

Вплив ступеня дисперсності на в'язкість томатної маси-пульпи

Діаметр отворів, мм	Фракційний склад нерозчинних речовин			Відносна в'язкість
	частинки м'якоті, % до маси нерозчинних речовин			
	15- 150 мкм	150-300 мкм	>300 мкм	
1,5	93,6	2,7	3,7	1,059
0,75	96,9	1,2	1,9	1,055
0,5	97,7	1,5	1,2	1,056
1,5 и 0,4	98,4	0,9	0,6	1,061

Як показали дослідження, у міру збільшення тонкодисперсної фракції в томатній масі - пульпі відносна в'язкість системи зростає незначно .

При подрібненні томатної маси на ситах з діаметром отворів від 1,5 до 0,5 мм показник відносної в'язкості збільшується лише в 1,002 рази . Отже, дисперсний склад томатної маси - пульпи на початкових етапах технологічного процесу значного впливу на її реологічні параметри не впливає .

При більш тонкому подрібненні томатів, ступінь руйнування клітин рослинної тканини зростає, що, як відомо, призводить до збільшення максимального виділенню соку . Нами була проведена серія експериментальних досліджень

впливу способу попередньої обробки томатної маси на швидкість випаровування вологи при концентруванні .

Для вивчення способу підготовки томатної маси - пульпи до концентрування був розроблений і виготовлений стенд . Обладнання стенду виконує наступні технологічні операції: Підігрів цілих томатів, подрібнення томатів, поділ томатної маси на фракції, концентрування рідкої фази .

Схема роботи обладнання стенду організована наступним чином: в робочу камеру подають томати і пару . Контроль тиску пари і температури продукту здійснюють за допомогою манометра, автоматичного потенціометру з термопарою в якості датчика . Конструкція протирального агрегату дозволяє розділити протерту томатну масу на дві фракції . Кільце, встановлене на броні ситового барабана, розділяє його робочу довжину на дві частини . Із зовнішнього боку розділове кільце має гумову прокладку, яка прижата до внутрішньої поверхні захисного кожуха . Фракції томатної маси виходять до окремих патрубків в збірні ємності, встановлені під робочий частиною машини . Різні співвідношення між обсягами одержуваних фракцій досягають переміщенням кільця на броні ситового барабана . Стенд оснащений обладнанням для розварювання, що дозволяє проводити безконтактний нагрів подрібнених томатів, в якому в якості теплоносія використовується насичена пара . Тривалість витримування томатів у разварювачі регулюють варіатором швидкості руху шнека .

Випарна камера обладнана термопарою, пристроєм для відбору проб і мішалкою . Розрідження в випарній камері, ступінь якої регулюють в залежності від концентрації продукту і заданої температури концентрування, досягають за допомогою вакуум-насоса .

Підготовлені зразки томатної маси - пульпи різного ступеня подрібнення піддавали випаровуванню в однакових умовах . З періодичністю в 15 хвилин зі зразків відбирали проби для визначення вмісту в них розчинних сухих речовин .

Отримані експериментальні дані з вивчення швидкості випаровування вологи з томатної маси - пульпи різного ступеня дисперсності приведені у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

Вплив ступеня дисперсності томатної маси-пульпи на швидкість випарювання з неї вологи

Кількість протирань	Діаметр отворів сит або величина зазору в колоїдному млині	Вміст сухих речовин за рефрактометром після випарювання, протягом хвилин			
		30	45	60	75
Опит 1 початковий вміст сухих речовин в томатах 5,8 %					
1	1,5	7,2	8,0	12,8	21,4
2	1,5 и 0,75	7,2	8,6	13,6	23,6
2	1,0 и 0,5	8,2	10,2	16,2	27,2
Опит 2 початковий вміст сухих речовин в томатах 6,7 %					
2	1,5 и 0,75	8,8	11,0	13,8	17,2
3	1,5; 0,75 и 0,75	8,8	11,2	14,4	18,8
4	1,5; 0,75; 0,75 и 0,75	8,8	12,0	14,8	20,2
3	1,5; 0,75 и 0,5	9,0	12,5	20,0	31,0

У кожній серії дослідів одну і ту ж партію томатної маси - пульпи пропустили через протиральну машину з різними діаметрами отворів сит або через колоїдний млин . У деяких варіантах застосовували двох -, трьох чотириразове протирання .

Як показав опит 1, при подрібненні томатної маси - пульпи на ситах з діаметром отворів до 1,5 мм, вміст сухих речовин при уварюванні протягом 75 хвилин становить 21,4 %. Зразки тієї ж партії томатної маси - пульпи з іншим дисперсним складом нерозчинної фракції, які отримували протиранням на ситах з діаметром отворів до 0,5 мм, за той же проміжок часу концентрування містили сухих речовин на 5,8% більше .

У опиті 2, де початковий вміст сухих речовин в томатній масі - пульпі було вище, показники швидкості концентрування томатної маси вище . Аналогічні умови проведення досліджень показали зростання сухих речовин за той же проміжок часу на 13,8%.

Наявність чіткої залежності зростання швидкості випаровування вологи з томатної маси - пульпи при збільшенні вмісту дрібнодисперсної фракції в її складі також очевидне . У опиті 2 були застосовані двох-, трьох - і чотириразове протирання, при цьому при однакових діаметрах дворазове протирання дозволяє збільшити вміст сухих речовин за однаковий період часу випарювання вологи на 1,6 %, А триразове-на 3 % .

Практичне значення проведених досліджень полягає в зниженні часу теплового оброблення томатної маси – пульпи і, як наслідок, зниження енерговитрат, тривалості технологічного циклу, втрат біологічно активних термолабільних компонентів сировини .

Дослідження реологічних характеристик томатної маси-пульпи з різним вмістом твердої фракції

Томатна маса - пульпа є складною фізико-хімічною системою, яка представлена рідкою фракцією з суспендованою в ній твердою не-розчинною фазою . Як було наведено вище, зважені частинки представлені речовинами, які є за своєю хімічною структурою гідрофільними з'єднаннями .

Дослідження хімічного складу томатів, результати представлені вище, показали значний вміст полімерів, що володіють волого-в'язуючою здатністю: гемицелюлози, целюлози, лігніну, пектинових речовин, білків .

Наявність клітковини обумовлює рихлість і в сукупності з протопектином, пентозанами і білковими сполуками – високу водопоглиблювальну здатність м'якоті томатів .

Дослідження, які наведені вище, показали, що попередня підготовка томатної маси - пульпи перед концентруванням, що обумовлює збільшення кількісного вмісту в ній дрібнодисперсної фракції, дозволяє збільшити швидкість процесу концентрування, проте не дає можливості зменшити в'язкість томатної маси . Даний факт послужив підставою для вивчення впливу кількості нерозчинених частинок м'якоті, як домінуючого фактору формування в'язкості системи, на реологічні властивості томатної пульпи .

Наступним етапом експериментальних досліджень було вивчення відносної в'язкості томатної маси з різним вмістом суспендованих частинок м'якоті . Об'єктом вивчення були томатні продукти у початковому стані, з частковим, а також повним відділенням твердої зваженої фази (м'якоті) від плазми при різних температурах .

В'язкість томатної маси, з якої видалена тверда фаза (м'якоть), при збільшенні вмісту розчинних сухих речовин з 6 до 30 % зростає в 6,19 разів за температурою 20°C і лише в 2,2 рази за температурою 75°C .

Концентрування томатної маси - пульпи звичайного фракційного складу до вмісту масової частки сухих речовин 30 % супроводжується збільшенням відносної в'язкості в 384,55 і 139,03 рази відповідно . Навіть часткове відділення зважених частинок м'якоті (10% до маси пульпи) дозволяє зменшити в'язкість системи на 88,23% за температурою 20°C і на 87,15% за температурою 75°C .

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що саме наявність зважених частинок м'якоті призводить до ускладнення процесу отримання концентрованих томатних продуктів у виробничих умовах . Відповідно, відділення твердої фази томатної маси - пульпи з подальшим концентруванням рідкої частини (плазми) може дозволити уникнути осідання грубодиспергованих частинок на поверхні апаратури і в значній мірі поліпшити здатність уварювання системи до конвекції завдяки зниженню відносної в'язкості системи концентрованих томатних продуктів у виробничих умовах .

Отже, відділення твердої фази томатної пульпи з послідовним концентруванням рідкої частини (плазми) може дозволити уникнути осідання грубодиспергованих частинок на поверхні апаратури і в значній мірою поліпшити здатність уварювання системи до конвекції завдяки зниженню відносної в'язкості системи .

Нами було вивчено попереднє відділення суспендованих частинок томатної маси - пульпи від рідкої фази як фактор зниження в'язкості системи . Для цього проводили фазовий поділ з подальшим окремим концентруванням рідкої частини (плазми).

Рідка фаза після відділення зважених частинок може бути сконцентрована до вмісту в ній сухих речовин 80%, при цьому в'язкість такого концентрату буде лише трохи перевищувати в'язкість звичайного 20 %-ного томатного пюре . Подальше змішування концентрованої плазми з відокремленою спочатку м'якоттю може стати способом отримання концентрованих томатних продуктів .

III. ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРОВАНИХ ТОМАТНИХ ПРОДУКТІВ СПОСОБОМ ФРАКЦІОНУВАННЯ ТОМАТНОЇ МАСИ-ПУЛЬПИ

Максимальне збереження натуральних властивостей, біологічно-активних речовин томатів при виробництві концентрованих томатних продуктів, є основним завданням. Результати попередніх реологічних досліджень показали, що для вирішення поставленого завдання необхідно розробити спосіб фракціонування томатів, параметри концентрування рідкої фази, співвідношення з'єднання її з м'якоттю і режимні параметри збереження отриманого продукту.

Вплив способів попередньої обробки томатів на процес фракціонування

Для реалізації запропонованої технологічної схеми проводилися дослідження з вивчення впливу попереднього оброблення томатів на технологічні характеристики протертої томатної маси.

Дослідження з підготовки томатної маси були спрямовані на отримання пульпи зі зниженим вмістом нерозчинних сухих речовин з використанням обладнання експериментального стенду, а також традиційного обладнання застосовуваного на підприємствах харчової промисловості, шляхом зміни режимних параметрів обробки томатів.

Було досліджено чотири способи обробки томатів. В якості контролю застосовували традиційний спосіб, наведений у технологічній інструкції з виробництва концентрованих томатних продуктів (*спосіб 1*).

Спосіб 1 – контроль. Цілі томати механізованого збирання мили, інспектували, потім подрібнювали і відділяли насіння, здійснювали грубе протирання (діаметр отворів сит 5 мм). Протерту масу направляли на процес розварювання за temperoю $75 \pm 5^\circ\text{C}$, потім подрібнювали на протиральних машинах (діаметр отворів сит 3,0; 1,5; 0,4 мм), після проводили концентрування.

Спосіб 2. Цілі томати механізованого збирання мили, інспектували, обробляли парою до досягнення в центрі плода температури $75 \pm 1^\circ\text{C}$, відокрем-

лювали насіння і шкірку, потім протирали, протирання здійснювали на протиральних машинах, (діаметр отворів сит 1,8 і 0,4 мм).

Спосіб 3. Миття, сортування, бланшування і відділення шкірки проводили аналогічно Способу 2, протирання здійснювали на протиральних машинах, (діаметр отвору сит 3,0 і 1,5 мм) і поділяли на дві фракції: рідка фракція (сік - плазма) і густу масу (після відділення соку).

Спосіб 4. Цілі томати механізованого збирання мили, інспектували, обробляли парою до досягнення в центрі плода температури $85 \pm 3^\circ\text{C}$, рідку масу (сік) відокремлювали на стікаче, тверду фазу - м'якоть протирали на протиральних машинах послідовно (діаметр отворів сит 5,0; 3,5; 1,8; 1,5 мм), далі фінішували (діаметр 0,4 мм).

Спосіб 5. Цілі томати механізованого збирання мили, інспектували, подрібнювали на шматочки від 25 до 30 мм, розварювали за temperoю $85 \pm 3^\circ\text{C}$, відокремлювали насіння і шкірку на обладнанні для відділення насіння, потім протирали на протиральній машині (діаметр отворів сит 1,5 і 0,5 мм).

Характеристика томатної маси в залежності від способу отримання представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристика томатної маси в залежності від способу отримання

Показник	Спосіб отримання						
	№1 конт- роль	№ 2	№ 3		№ 4		№ 5
			плазма	густа маса	плазма	густа маса	
Масова частка розчинних сухих речовин Р %	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,4
Масова доля м'якоті, %	18,0	16,7	11,9	20,8	6,2	43,9	16,4
Масова доля нерозчинних сухих речовин НР %	0,79	0,73	0,64	0,86	0,7	1,4	0,75
Масова доля вітаміну С % X 10	12,4	14,7	13,1	12,8	14,5	12,4	14,5
pH	4,21	4,3	4,27	4,29	4,27	4,29	4,23
Колір за Томаколом	26,0	27,0	34,0	30,4	30,0	42,0	29,0
Співвідношення Р / НР	6,8	7,4	8,4	6,2	7,7	4,0	7,2
Консистенція за Боствіком см/30с	-	-	-	-	15,6	4,5	-

Аналізуючи результати досліджень можна зробити висновок, що кращим за показниками, важливими для відділення рідкої фази з томатів до концентрування, є маса, отримана за **Спосіб 4**.

Далі були проведені дослідження по встановленню оптимальних параметрів режиму теплового оброблення томатів, з метою підвищення виходу рідкої фракції.

Для максимального відділення рідкої фракції використовували спосіб нагріву, який забезпечував би повний плазмоліз клітин і інактивацію пектолітичних ферментів.

Підготовку томатів перед фракціонуванням (миття, сортування, інспекцію, душеве ополіскування) проводили за традиційною технологією.

Підготовлені цілі томати піддавали термічному обробленню шляхом бланшування парою, при цьому контролювали температуру в центрі плоду.

Дослідження проводили при досягненні температури в центрі плоду від 75°C до 95°C з інтервалом в 5°C і тривалістю стікання рідкої фракції від 5 до 20 хвилин. Результати досліджень наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Залежність кількості відокремленої рідкої фракції від температури і тривалості процесу

Температура, °C	Тривалість, хвилин	Кількість рідної фракції, %
75	5	от 40 до 47
75	10	от 45 до 53
75	15	от 52 до 63
75	20	от 52 до 63
80	5	от 42 до 49
80	10	от 45 до 53
80	15	от 53 до 64
80	20	от 54 до 65
85	5	от 45 до 53
85	10	от 52 до 64
85	15	от 57 до 68
85	20	от 57 до 68
90	5	от 47 до 55
90	10	от 53 до 63
90	15	от 57 до 68
90	20	от 58 до 69
95	5	от 47 до 55
95	10	от 53 до 63
95	15	от 57 до 68
95	20	от 58 до 69

Як свідчать результати досліджень (таблиця 3.2), відділення рідкої фракції припиняється практично через 15 хвилин. Найбільш оптимальною температурою нагріву плода в його центрі слід вважати температуру 85°C. При цьому відділяється від 57% до 68% рідкої фракції. Подальше підвищення температури сприяє збільшенню кількості рідкої фракції тільки від 1% до 2%.

Відділення рідкої фракції проводили самопливом на стекачі. Після відділення рідкої фракції бланшовані томати направлялися на відділення шкірки, насіння та інших відходів. Решту маси томатів протирали на протиральних машинах з діаметром отворів сит -3 мм; від 1,5 мм до 1,8 мм і від 0,4 мм до 0,5 мм.

Вивчали дисперсний склад отриманої томатної маси в залежності від сорту томатів. Ці дані наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Залежність дисперсного складу томатної маси від сорту (n = 3, P≥0,95)

Сорт томатів	Масова частка частин м'якоті, %		
	розмір, мкм		
	15- 150мкм	150-300мкм	більше ніж 300мкм
Сорти які вирощені в Україні			
Лагідний	95,3	2,3	2,4
Господар	95,8	1,7	2,5
Ред Хантер	95,5	2,5	1,8
Сорти які вирощені у Китаї			
Lichun丽春	95,0	3,0	2,0
Jinanfenhong济南粉红	96,0	3,0	2,9
Ruixingdabao瑞星大宝	94,9	2,7	2,5

Аналізуючи результати досліджень, які наведені в таблиці 3.2, встановлено, що найбільша кількість частинок розміром 15- 150 мкм відмічена в томатній масі, виготовленій з томатів «Лагідний» - (95,9 %), «Господар» - (95,8 %), inanfenhong济南粉红 – (96,0 %), Ruixingdabao瑞星大宝 – (94,9 %). У той же час в томатній масі цих сортів найбільша кількість частинок розміром більше 300 мкм (2,7 - 3,0 %). Таким чином, сортові особливості томатів впливають на кількісний склад частинок різних розмірів в томатної масі.

Фізико-хімічні дослідження фракцій томатів

Рідка фракція томатів складається в основному з розчинних сухих речовин (цукри, кислоти, вітаміни тощо), а м'якоть – це стінки клітин томатів, які складаються з протопектину, целюлози, геміцелюлози. При отриманні протертою томатної маси за традиційною технологією подрібнені томати піддають термічному обробленню, в результаті чого підвищується в'язкість протертої томатної системи, призначеної для уварювання. Причиною таких змін є перетворення нерозчинного протопектину в розчинну форму. Даний фактор пояснює причини виникнення складнощів у технологічному процесі концентрування томатної маси. За запропонованою технологією проводили короточасний прогрів томатів тільки до розм'якшення м'якоті без переходу протопектину в розчинний пектин. Характеристика рідкої фракції томатів і томатної маси наведені в таблицях 3.4. і 3.5.

Таблиця 3.4

Фізико-хімічні показники рідкої фракції томатів (n=3, P≥0,95)

Показники	Сорти томатів			
	Лагідний	Господар	Jinanfenhong 济南粉红	Lichun 丽春
Масова частка розчинних сухих речовин, %	5,5	5,4	6,1	5,8
Масова частка загального цукру, %	4,8	4,7	3,041	2,78
Масова частка фруктози, %	1,2	1,1	1,0	1,0
Масова частка глюкози, %	1,6	1,5	1,2	1,4
Масова частка титруємих кислот (у розрахунку на лимонну кислоту), %	0,45	0,41	0,6	0,53
Масова частка вітаміну С, $X \cdot 10^{-3}$, %	18,2	22,0	37,8	20,9
pH	4,0	4,1	4,3	4,2
Масова частка нерозчинних сухих речовин (НР), %	0,1	0,1	0,1	0,1

Таблиця 3.5

Фізико-хімічні показники томатної маси (n=3, P≥0,95)

Показники	Сорти томатів			
	Лагідний	Господар	Jinanfenhong 济南粉红	Lichun 丽春
Масова частка: - м'якоті, %	58,2	56,7	69,3	66,9
- нерозчинних сухих речовин, %	1,78	1,74	2,05	1,99
- пектинових речовин, %	0,26	0,28	0,25	0,28
- целюлози, %	0,60	0,76	0,48	0,43
- геміцелюлози, %	0,30	0,32	0,40	0,32
- розчинних сухих речовин, %	5,6	5,5	5,9	5,4

Як видно з результатів досліджень, які представлені в таблицях 3.3 - 3.5, рідка фракція томатів містить розчинні у воді речовини, а в томатній масі переважають нерозчинні сухі речовини (пектинові речовини, целюлоза, геміцелюлоза).

Зміст основного компонента томатної маси (м'якоті) коливається в залежності від сорту томатів від 58,2% (сорт Лагідний) до 69,3% (сорт Jinanfenhong 济南粉红).

Розроблення оптимальних режимів теплових процесів оброблення розділених фракцій томатів

Була досліджена в'язкість томатного продукту, отриманого з фракції томатів. Фракція томатів не містила суспендованих частинок м'якоті при проведенні процесу концентрування. Процес проводили за постійним контролем масової частки розчинних сухих речовин від 5% до 75% з інтервалом – 10 %. Результати наведені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

В'язкість томатного продукту, отриманого з рідкої фракції томатів (n=3, P≥0,95)

Масова частка розчинних сухих речовин, %	Відносна в'язкість за температурою 20°C
5	1,002
15	1,5
25	2,8
35	7,0
45	18,1
55	30,2
65	49,3
75	65,4

Вплив наявності суспендованих частинок м'якоті у томатній масі на процес концентрування, а саме на відносну в'язкість, наведено в таблиці 3.7

Таблиця 3.7

В'язкість томатних продуктів з різним вмістом суспендованих частинок м'якоті (n=3, P≥0,95)

Ступінь відділення суспендованих частинок м'якоті	Відносна в'язкість температура 20°C		Відносна в'язкість температура 75°C	
	Томатна маса, масова частка розчинних сухих речовин 6 %	Томатний концентрат масова частка розчинних сухих речовин 30 %	Томатна маса, масова частка розчинних сухих речовин 6 %	Томатний концентрат масова частка розчинних сухих речовин 30 %
Без відділення	1,1	423	1,03	143,2

Продовження таблиці 3.7

Ступінь відділення суспендованих частинок м'якоті	Відносна в'язкість температура 20°C		Відносна в'язкість температура 75°C	
	Томатна маса, масова частка розчинних сухих речовин 6 %	Томатний концентрат масова частка розчинних сухих речовин 30 %	Томатна маса, масова частка розчинних сухих речовин 6 %	Томатний концентрат масова частка розчинних сухих речовин 30 %
Видалено 10% до ваги томатної маси	1,03	49,8	0,02	18,4
Видалено повністю	1,002	6,2	1,002	2,2

Встановлено, якщо з томатної маси не видаляти м'якоть, то при підвищенні концентрації з 5 до 30 % в'язкість збільшиться в 400...450 разів. Навіть часткове відділення м'якоті в кількості від 10 до 12 % дозволяє знизити в'язкість готового продукту в 10 - 12 разів. Таким чином, при наявності в продукті суспендованих частинок, в'язкість продукту при концентруванні збільшується, погіршуються властивості плинності, а це ускладнює роботу вакуум-випарних установок, збільшується час перебування продукту при високих температурах, що призводить до погіршення органолептичних властивостей. Тому концентруванню піддавали рідку фракцію, яка містить тільки розчинні у воді компоненти. Процес концентрування проводили до масової частки розчинних сухих речовин - від 50 до 70 %. Томатну масу (м'якоть) не піддавали концентруванню, тому вміст вуглеводів, амінокислот, ароматичних речовин і вітамінів зберігся в ній практично на початковому рівні.

Дослідження техніко-технологічних рішень при виробництві концентрованих томатних продуктів

В результаті проведених інформаційних, прикладних і фундаментальних досліджень, була розроблена принципово нова технологічна схема виробництва концентрованих томатних продуктів, яка наведена на рис. 3.1.

Попередньо підготовлені цілі томати гріли до температури в центрі плоду 85°C протягом 15 хвилин і направляли на стікач.

Відокремлену рідку фракцію концентрували до масової частки розчинних сухих речовин 70 %.

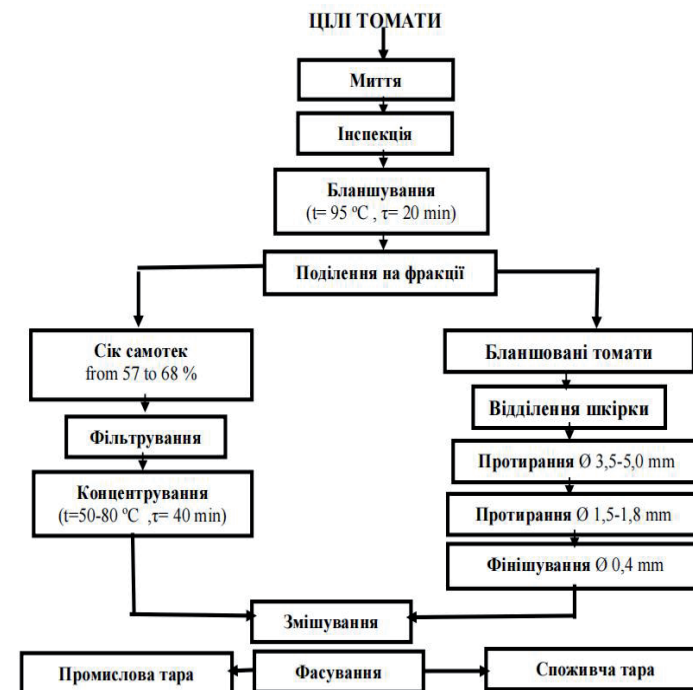


Рис. 3.1 Технологічна схема виробництва концентрованих томатних продуктів

Томати після відділення рідкої фракції (густа маса), надходили на обладнання для видалення шкірки, яка відокремлювалася шляхом тиску томатів на барабан з отворами діаметром від 5 до 9 мм. Шкірка затримувалася на поверхні барабана, а решта маса продавлювалася через отвори в середину барабана. Всі технологічні операції проводили на чинному традиційному технологічному обладнанні. Апаратурно-технологічна схема виробництва концентрованих томатних продуктів розроблена з урахування та використанням традиційних технологічних прийомів, операцій, процесів і обладнання. Обов'язково були враховані

варіювання обсягів перероблення томатної сировини . Апаратурна-технологічна схема є економною за витратами .

Паралельно були проведені дослідження залежності вмісту шкірки в томатній масі від технічних параметрів барабана . Загальна кількість шкірки в залежності від сорту коливається від 8 до 12 %. Результати наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Кількості шкірки, що потрапила в томатну масу, %

Діаметр отворів в барабані, мм	Загальна кількість шкірки в масі, %
5	от 2 до 3
7	от 4 до 5
99	от 6 до 7

Як видно з даних проведених досліджень, найменша кількість шкірки в масі забезпечується при застосуванні сит з діаметром отворів барабана 5 мм

Після відділення шкірки густа маса разом з насінням, грубими волокнами, залишковою кількістю шкірки надходила в машину для грубого протирання з діаметром отворів сит від 1,5 до 1,8 мм і на фінішування – з діаметром отворів сита 0,4 мм . Отримана таким чином томатна маса, з вмістом м'якоті 61 - 65% і масовою часткою розчинних сухих речовин 5,5 %, є томатної масою – компонентом, для подальшого змішування з концентрованою рідкою томатної фракцією з вмістом 70% розчинних сухих речовин .

Рідка фракція, отримана на стекаче, має показник - в'язкість наближений до показника в'язкості води і коливається в межах 0,001 – 0,009 н / сек м² за температурою 30°C . Низька в'язкість рідкої фракції дозволила концентрувати її до масової частки розчинних сухих речовин 70% для подальшого змішування з протертою томатної масою .

Варіюючи співвідношення протертої томатної маси з концентрованим продуктом можна отримати пастоподібний томатний продукт з масовою часткою розчинних сухих речовин від 15% до 30 %.

Для отримання 30 % томатної пасти при змішуванні з концентрованою рідкою фракцією з протертою м'якоттю (з масовою часткою розчинних сухих речовин 5 – 6 %), частина протертою м'якоті залишається невикористаною . Для зни-

ження кількості відходів і забезпечення комплексної переробки томатів, отриману м'якоть можна також використовувати для виробництва продуктів зі складним компонентним складом, наприклад-натуральні томатні, кетчупи соуси тощо .

Згідно зі схемою, томати після миття і сортування надходять на бланшування в шнековий разварюватель . Нагрівання здійснюється насиченою парою до температури в центрі плоду $85 \pm 3^{\circ}\text{C}$, для попередження руйнування дії пектичних ферментів томатів, а також для переходу нерозчинного протопектину в розчинний пектин, тривалість витримування становила 15 хвилин .

Бланшовані томати надходили на стікач, де відокремлювалася рідка фракція – сік самоплив, який фільтрується через капроновий фільтр № 20 діаметром 0,5 – 0,7 мм, з метою відділення шматочків м'якоті і насіння . Після фільтрування сік самоплив надходить на концентрування в вакуум-випарний апарат, де уварюється до вмісту масової частки сухих речовин від 50 до 70 %, Концентрований сік самоплив збирають в резервуар з підігрівом .

Після стікача, бланшовані томати відокремлюють від шкірки і подають на протирання в протиральну машину з діаметром отворів сит 5,0 мм і 3,5 мм . Відходи у вигляді - шкірки і насіння, подальшій переробці в томатному виробництві не підлягають, їх можна використовувати при виробництві кормів для тварин, птахів і риб .

Протерта маса надходить далі на протирання в машину, обладнану ситами з діаметром отворів 1,8 мм і 1,5 мм, а потім на фінішування (діаметр отворів 0,4 мм) після фінішування маса перекачується в резервуар з підігрівом, де знаходиться сконцентрована фракція соку самопливу . Дві фракції ретельно перемішують з урахуванням співвідношень .

Отриманий таким чином концентрований продукт – томатну пасту (з масовою часткою розчинних сухих речовин 14 %), підігрівають і подають на фасування в дрібну тару, або на установку для асептичного консервування і наповнення в багатопшарові мішки .

Таким чином, розроблені техніко-технологічні рішення дозволяють отримати томатну пасту з регульованою відповідно до вимог споживачів масо-

вою концентрацією розчинних сухих речовин на існуючому технологічному обладнанні з використанням нових технологічних прийомів .

Відсутність термічної обробки м'якоті томатів за рахунок концентрування тільки рідкої фракції передбачає підвищене збереження адсорбованих на біополімерах м'якоті лабільних компонентів сировини, що обумовлюють його харчову цінність і беруть участь у формуванні органолептичних властивостей готового продукту .

Порівняльна характеристика концентрованих томатних продуктів

У виробничих умовах було виготовлено концентрований томатний продукт за запропонованою технологією з вмістом масової частки розчинних сухих речовин 14%, за методом фракційного поділу томатів на плазму і м'якоть з подальшим концентруванням плазми і змішуванням з раніше відокремленою м'якоттю . Органолептичні, фізико-хімічні показники представлені в таблицях 3.9; 3.10.

Таблиця 3.9

Органолептичні показники томатної пасти

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідна маса зі зваженими тонко подрібненими частинками, консистенція мажуча
Смак і запах	Властивий томатної масі, без гіркоти і пригару .
Колір	Червоний, яскраво виражений, рівномірний по всій масі

З наведених у таблицях даних, встановлено, що запропонований новий концентрований томатний продукт за комплексом органолептичних та фізико-хімічних показників відповідає вимогам, які встановлені в міжнародних нормативних документах щодо якості та безпеки концентрованих томатних продуктів .

Таблиця 3.10

Фізико-хімічні показники томатної пасти

Найменування показника	Вміст, %
Масова частка розчинних сухих речовин (за відрахуванням хлоридів), %	14,1
Масова частка титруємих кислот (в розрахунку на лимонну кислоту), %	1,4
Масова частка хлоридів %	0,15
Масова частка м'якоті, %, не менше ніж	23,2
Колір за йодною шкалою, мг/см ³	0,05
pH	4,2

Масова частка мінеральних домішок та домішки рослинного походження у продукті не виявлено .

Як випливає з наведених в таблицях 3.9 і 3.10 даних, запропонований концентрований томатний продукт (томатна паста) за комплексом органолептичних і фізико-хімічних показників відповідає вимогам встановлених в міжнародних документах щодо якості та безпеки продуктів харчування .

У той же час ми вважаємо, що для більш повної характеристики переваг розробленої технології доцільно провести більш глибокі дослідження спектральних і кольоропараметричних характеристик продукту, порівняти показники, а також вивчити у порівняльному аспекті динаміку руйнування біологічно активних речовин, зміни кольору та інших показників при зберіганні .

Спектральні характеристики і колірні параметри концентрованих томатних продуктів

Були проведені дослідження зразків концентрованих томатних продуктів, які були виготовлені за традиційною і новою технологією . У процесі дослідження спектральних характеристик, витяжки попередньо розводили органічним розчинником (петролейний ефір) до такої міри, щоб основна маса точок перебувала в області найбільшої чутливості спектрофотометра (0,2-0,6). На малюнку 3.2 наведено спектр поглинання зразка концентрованих томатних продуктів (томатна паста), яка виготовлена за новою технологією .

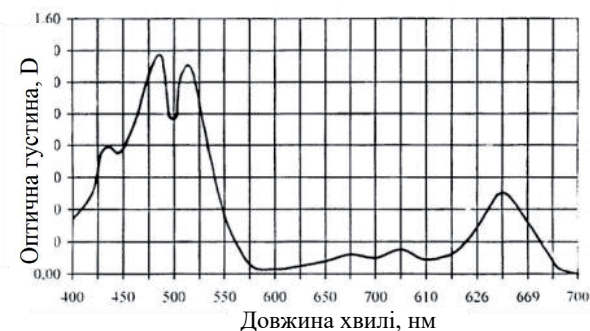


Рис. 3.2. Спектральні характеристики томатної пасти, за новою технологією

У спектрі поглинання чітко розрізняються три основні максимуми (455, 477, 521 нм). Аналізуючи отриманий спектр поглинання, слід зазначити, що вид кривої характерний для вуглеводневих каротиноїдних пігментів, причому отримані домінуючі піки найбільш близькі до спектрів поглинання хімічно чистого лікопіну (446, 472, 505 нм) і β -каротину (453, 484 нм) [53].

Результати дослідження дозволяють зробити висновок, що технологічне оброблення в процесі отримання концентрованих томатних продуктів не оказало істотного впливу на колірну характеристику томатної маси, яка обумовлена наявністю каротиноїдних пігментів. Той факт, що спектральні характеристики витяжки зразка найбільш характерні для лікопіну, підтверджують його значний внесок у формування забарвлення томатів і продуктів їх переробки, а також його збереження в процесі технологічного циклу і стерилізації.

У спектральній характеристиці також відзначений максимум в області 645 нм. Поглинання в даному діапазоні хвиль характерно для хлорофілів (а) і (в) (680 і 640 нм відповідно) [51].

Цей факт свідчить про збереження хлорофілльних пігментів, які були присутні в томатах. Такі дані про наявність впливу хлорофілльних компонентів пігментного комплексу в характеристику концентрованих томатних продуктів свідчить не тільки про щадному тепловому впливі на томатну масу, але і про незначну кількість темнозабарвлених продуктів деградації хлорофілів – феофітинів і феофорбідів, які погіршують кольоровість готової продукції.

Отже, виробництво концентрованих томатних продуктів за новою технологією, пов'язана з термічним впливом на томатну масу, істотно не впливає на її показники якості і біологічну цінність.

На рис. 3.3 наведено спектр поглинання витяжки зразка томатної пасты, яка виготовлена за традиційною технологією. Порівняльний аналіз спектрів, наведених на рис. 3.3 і рис. 3.4, дозволяє зробити наступні висновки. Поглинання при довжині хвилі 420 нм для продукту, виготовленого за традиційною технологією значно знижено, що свідчить про менший вміст β -каротину, для якого характерний

максимум в цій області. Піки, обумовлені наявністю лікопіну, мають меншу екстинкцію і менш виражені.

Результати досліджень дозволяють зробити висновки про значні руйнування каротиноїду в разі отримання томатної пасты за традиційною технологією, і, відповідно, про погіршення колірних характеристик томатної маси. В області 510-550 нм спостерігалось збільшення поглинання, виражене пологою кривою без яскраво позначених максимумів.

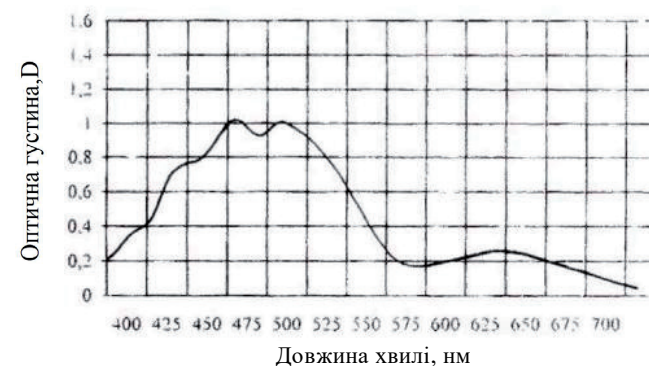


Рис.3.3. Спектр поглинання томатної пасты, отриманої за традиційною технологією (розчинник-петролейний ефір)

Збільшення оптичної щільності в цій області видимого спектру характерно для з'єднань, що володіють коричневою і бурую забарвленням.

Отримані спектральні характеристики знаходяться в кореляції з даними, наведеними в попередньому розділі. Теплове оброблення в процесі концентрування і стерилізації томатної маси при використанні традиційної технології призводить до утворення і накопичення темнофарбованих сполук різної хімічної природи, про що свідчать дані наведені на рис. 3.4 схемою, а також руйнування пігментного комплексу томатів.

Отримані спектри поглинання витяжок зразків свіжевиготовлених томатних паст дозволяють зробити висновок про кращі показники якості і колірних

характеристиках концентрованого томатного продукту в разі використання розробленої технології.

Відомий фактор, одним з головних показників концентрованих томатних продуктів, є характеристика кольору. Характеристики параметрів кольору томатної маси залежать від складу і змісту каротиноїдних пігментів, які схильні до легкого окислення, перетворення в ізомери, знебарвлення, здатні руйнуватися, а також від накопичення і накоплення при тепловому впливі сполуки різної природи, які вносять небажані тони в колірну гамму концентрованих томатних продуктів, порушуючи первісну гармонійність забарвлення. Встановлено, що існує залежність утворення та накопичення таких сполук від часу та інтенсивності теплового впливу, а також у процесі зберігання. У зв'язку з цим, ми, використовуючи трехколіриметричну систему Хантера, простежили за зміною параметрів кольоровості при зберіганні в умовах, які відповідають вимогам технічних умов для концентрованих томатних продуктів. Кольоропараметрична характеристика томатних продуктів була проаналізована шляхом спектрофотометричного дослідження витяжок зразків у всьому діапазоні видимого спектра, а потім здійснено математичний аналіз результатів світлопоглинання в тривимірній системі координат за міжнародною стандартизованою системою.

Таблиця 3.11

Основні параметри колірної характеристики зразків томатної пасти у системах CIE і Хантера*

Зразки** томатних паст (терміни зберігання)	Міжнародна система CIE			Система Хантера					
	X	Y	Z	x	y	L	a	b	a/b
Свіжевиготовлена	16,4 12,7	14,4 11,3	3,8 6,2	2,42 2,16	1,85 1,66	154 104	7,02 5,87	2,38 5,27	2,95 1,11
Зберігання 3 місяця	15,9 12,0	14,1 10,8	3,6 6,0	2,36 1,94	1,77 1,54	150 97	6,98 5,81	2,39 5,38	2,92 1,08
Зберігання 6 місяців	15,4 11,3	13,8 10,5	3,4 5,8	1,87 1,40	1,43 1,09	142 89	6,94 5,72	2,41 5,49	2,89 1,04
Зберігання 12 місяців	14,9 10,6	13,5 10,0	3,0 5,6	1,48 1,32	0,95 0,80	136 69	6,89 5,63	2,44 5,81	2,86 0,97
Примітка: 1. * Із зразків томатних паст перед зняттям спектральних характеристик робили витяжки 2. ** у чисельнику – томатна паста за новою технологією, у знаменнику-томатна паста за традиційною технологією									

Аналіз зміни параметрів (таблиця 3.11) томатних паст (витяжки в петролейному ефірі) в системі CIE дозволяє зробити висновок, що протягом терміну зберігання спостерігалось зниження поглинання в синій, зеленій і червоній областях спектра (X, Y, Z), що свідчить про знебарвлення зразків.

Дані щодо зниження яскравості зразків томатних паст наведені на рис. 3.4. Слід зазначити, що в разі традиційної технології зниження інтенсивності забарвлення (L) є більш значним і становить до 1,5 разів від початкового показника за рік.



Рис. 3.4. Зміна яскравості кольору томатних паст виготовлених за новою технологією (1) і за традиційною технологією (2) в процесі зберігання.

Дослідження, проведені в рівноконтрастній тривимірній системі (L, (a), (b)), де L характеризує яскравість зразка, (a) - ступінь почервоніння, (b) – ступінь жовтизни, а відношення (a)/(b) – інтегральний показник домінуючого колірного тону, є досить інформативними. Отримані дані дозволяють зробити наступні висновки: параметр L в системі Хантера знизився на 11 % у зразку томатної пасти, яка виготовлена за новою технологією і на 34 % -у зразку томатної пасти, яка виготовлена за традиційною технологією. Показник (a) за 1 рік зберігання зменшився на 1,85% і на 4,1% відповідно, що свідчить про зниження інтенсивності червоних відтінків спектра.

Особливо важливою складовою у випадку харчових продуктів, отриманих із застосуванням теплового оброблення є показник (b), а також відношення

(а)/(b), збільшення яких свідчить про накопичення темнокольорових сполук у зразках .

Показник (b) у випадку запропонованої технології практично не змінився, що свідчить про стабільність і незначні деструктивні зміни в томатній пасті у процесі зберігання .

При використанні традиційної технології зразки томатної пасту навіть в свіжевиготовленому стані мали значне зростання показника (b), що свідчить про значну роль жовтої складової видимого спектру у формуванні кольоровості . Темпи збільшення цього показника в процесі зберігання свідчать про миттєве утворення і накопичення жовто-коричневих тонів в процесі зберігання у томатній пасті, яка виготовлена за традиційною технологією .

Інтегральний показник (а) / (b) в разі у томатній пасті, яка виготовлена за запропонованою технології зменшився за рік лише на 3 %, а в томатній пасті, яка виготовлена за традиційної – на 13% за рік, що свідчить про достатньо інтенсивному зміні забарвлення продукту у другому випадку зі значним зниженням домінуючою червоною компонентом кольору і накопиченням буро-коричневої гами .

Таким чином, спектральні характеристики зразків концентрованих томатних продуктів, які вироблені за новою технологією на відміну від традиційного продукту, змінюються незначно в процесі зберігання . Даний фактор, дозволяє зробити висновки про високі показники якості і стабільності при зберіганні продукту, виробленого за пропонованою технологією .

Дослідження зміни показників якості концентрованих томатних продуктів

Показники харчової цінності концентрованих томатних продуктів (томатних паст), які були виготовлені за новою і традиційною технологією представлені в таблиці 3.12.

Зіставлення показників якості концентрованих томатних продуктів, отриманих з однієї сортової партії сировини в однакових умовах за традиційною і новою технологією показує, що спосіб отримання концентрованої томатної ма-

си фракціонуванням дозволяє зберегти біологічно активні компоненти томатів і запобігти зміні кольору готового продукту за рахунок меншого руйнування пігментного комплексу томатів, і запобігти накопичення продуктів термічної деструкції компонентів сировини .

Таблиця 3.12

Показники харчової цінності томатних паст

Найменування показника	Концентрований томатний продукт	
	нова технологія	традиційний технологія
Масова частка розчинних сухих речовин, %	14,2	30,0
Титруйма кислотність (у перерахунку на лимонну кислоту), %	1,4	1,3
pH	4,2	4,3
Масова частка хлоридів, %	0,15	0,25
Масова частка м'якоті, %	23,2	-
Показники кольоровості:		
- за йодною шкалою, мг / см ³	0,05	0,09
- за приладом Томаколор, розподіл умовної шкали	27,0	41,0
В'язкість за приладом Боствик, см/30 с	7,6	8,0
Аскорбінова кислота, *10 ⁻³ г/100 г сухих речовин	22,7	14,1
Сумарний пігментний комплекс (каротиноїди + хлорофіли), *10 ⁻³ г/100 г суха речовина	292,13	68,4
Каротиноїди, *10 ⁻³ г/100 г сух . в-в:		
- загальні	168,92	56,38
у тому числі: - лікопін	128,13	43,87
- β-каротин	16,73	6,08
- α-каротин	3,35	0,39
- ξ-каротин	5,97	0,81
- γ-каротин	1,70	0,24
- Оксиметилфурфурол , *10 ⁻³ г/дм ³	12,0	22,0

При цьому руйнування аскорбінової кислоти знизилось на 41,1 %, а зберігання природного пігментного комплексу в томатній пасті, виготовленої за новою технологією перевищує аналогічний показник продукту, отриманого за традиційною технологією в 4,3 рази .

Стабільність каротиноїдів, як пігментів, має ті ж тенденції . Порівняльне вивчення каротиноїдного комплексу показало, що загальне утримання каротиноїдів у продукті, отриманому способом фракціонування перевищує аналогічний показник традиційного продукту в 3 рази, а збереження окремих представників,

зокрема, β -каротину, що виявляє біологічно активні властивості, вище в 2,8 рази, лікопіну, як основного каротину, що формує колір продукту-в 2,9 рази .

Імовірність утворення оксиметилфурфуролу при традиційній технології набагато вище і експериментально встановлене його кількість складає 22,0 мг/дм³ .

Наведені результати вивчення змін вмісту пігментного комплексу, біологічно-активних речовин (БАВ), оксиметилфурфуролу (ОМФ), впливають на колірні характеристики готового продукту . Порівняльний аналіз показників кольору, визначених за стандартним методом на приладі Томаколор, показав, що свіже виготовлена\ концентрована томатна паста за новою технологією, має кращі характеристики кольору - число поділок умовної шкали 1,5 рази нижче у порівнянні з концентрованою томатною пастою, отриманою за традиційно отриманою .

При використанні процесу термічного оброблення томатів, а також під час зберігання, в готовому продукті утворюються ароматичні альдегіди – оксиметилфурфурол (ОМФ) і фурфурол . Зміни відбуваються внаслідок взаємодії редуруючих цукрів (гексоз, пентоз) з органічними кислотами . Ці сполуки є досить лабільними, особливо в присутності кисню . Окислюючись, вони надають готовому продукту коричнево- бурий колір забарвлення, тим самим погіршують зовнішній вигляд і колір продукту . Саме з цієї причини одним з важливих показників якості готової продукції є вміст масової частки оксиметилфурфуролу (ОМФ) і фурфуролу .

Так як вміст пентоз в томатах незначно, то практично при взаємодії редуруючих цукрів і органічних кислот в томатних продуктах утворюється тільки оксиметилфурфурол (ОМФ).

Реакції утворення оксиметилфурфуролу (ОМФ) в концентрованих томатних продуктах йдуть особливо інтенсивне, так як при концентруванні масова частка редуруючих цукрів і органічних кислот збільшується .

Для порівняльного аналізу показників якості були проведені дослідження . Зразки концентрованого томатного продукту, фасовані в дрібну тару, маса

нетто 500 г, з подальшою стерилізацією по режиму 15-20-30/100°C, були закладені на зберігання в умовах нерегульованого складу на 12 місяців . Дослідження проводили з інтервалом у 3 місяці . Отримані дані представлені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13

Зміна якості концентрованих томатних продуктів в процесі зберігання

Показники	Зберігання місяці	Зразки в процесі зберігання	
		нова технологія	традиційний технологія
Вітамін С, мг/100 г	3	21,7	11,0
	6	20,8	10,5
	9	19,6	8,9
	12	18,7	7,9
Сумарний пігментний комплекс, *10 ⁻³ г/100 г сухої речовини	3	292,13	67,65
	6	286,45	64,50
	9	280,87	58,14
	12	274,56	51,88
Каротиноїди, *10 ⁻³ г/100 г сухої речовини - загальні	3	165,32	51,30
	6	162,46	47,81
	9	159,06	41,82
	12	156,16	37,84
у тому числі - лікопін	3	127,00	40,80
	6	124,31	37,19
	9	122,17	35,75
	12	120,64	33,21
- β -каротин	3	16,40	5,87
	6	16,00	4,96
	9	15,45	4,05
	12	14,75	3,13
ОМФ, мг/дм ³	3	14,0	28,00
	6	16,0	33,00
	9	19,5	38,00
	12	24,0	50,00
Колір за приладом Томаколор, розподіл умовної шкали	3	29,0	43,0
	6	32,0	47,0
	9	35,0	53,0
	12	38,0	57,0

З наведених даних випливає, що в процесі зберігання в концентрованих томатних продуктах відбуваються зміни, що впливають на показники якості . Так, при зберіганні пігментний комплекс томатної маси руйнується, причому в томатній пасті, отриманій методом фракціонування, зниження вмісту пігментів становить 6 % при зберіганні протягом 12 місяців, тоді як в продукті, отримано-

му традиційним способом, при аналогічних умовах зберігання цей показник становить 24 %.

Порівняльний аналіз руйнування каротиноїдів показав, що у томатній пасти, яку виготовлено за новою технологією, втрати становлять 5,5 %, в тому числі: лікопіну – 5%, β -каротину – 10%, тоді як в продукті які виготовлено за традиційною технологією, ці показники – 26, 18 і 46% відповідно. Аскорбінова кислота при зберіганні руйнується на 18,3 і 44,7% відповідно.

З цього слід зробити висновок, що збереження пігментів і біологічно активних речовин (БАВ) тим вище, чим більше їх вихідна масова частка.

Тенденція до накопичення оксиметилфурфуролу (ОМФ) у готовому продукті очевидна, в обох продуктах темпи накопичення оксиметилфурфуролу (ОМФ) приблизно однакові і перевищують початковий вміст - в концентрованому томатному продукті, який виготовлений за новою технологією - у 2 рази, а в концентрованому томатному продукті, який виготовлений за традиційною технологією - в 2,3 рази.

Дані, отримані щодо зміни вмісту забарвлених компонентів у концентрованих томатних продуктах при зберіганні корелюють зі зміною кольоровості зразків. Для порівняльного аналізу впливу способу консервування на тенденції накопичення оксиметилфурфуролу (ОМФ) при зберіганні, були досліджені зразки, стерилізовані і фасовані в дрібну тару і томатна паста, стерилізована і фасована в асептичних умовах в асептичні мішки.

Зразки зберігали в умовах нерегульованого складу протягом 12 місяців.

Слід також відзначити той факт, що при меншому початковому вмісті оксиметилфурфуролу (ОМФ) в продукті, швидкість його утворення і накопичення нижче.

Сумарний вплив режиму стерилізації та об'єму тари, надає ефект на зростання концентрації оксиметилфурфуролу (ОМФ) при зберіганні.

Так, при асептичному консервуванні в мішки, темпи збільшення вмісту оксиметилфурфуролу (ОМФ) нижче, ніж при фасуванні в дрібну тару з режимом стерилізації 15-20-30/100°C.

Наведені дані свідчать про доцільність вибору асептичного консервування концентрованих томатних продуктів у велику тару з точки зору збереження якості готової продукції при зберіганні.

Розрахунок вмісту розчинних сухих речовин в концентрованих томатних продуктах, при різних співвідношеннях рідкої і густий фракції

У літературних джерелах широко висвітлені питання концентрування фруктових соків з обґрунтуванням раціонального рівня сухих речовин. Як правило, обсяг фруктових і овочевих соків зменшують у 5 - 6 разів, показник вмісту сухих розчинних речовин досягає 57 - 75 %.

Дані з концентрування рідкої фракції томатів відсутні. Тому були проведені попередні експериментальні дослідження щодо зміни показників якості томатної плазми в процесі її концентрування. Встановлено, що підвищення масової частки амінокислот, редукуючих пентоз і гексози в процесі концентрування призводить до зміни термодинамічного стану системи і створює умови для активації реакцій меланоїдіноутворення. Цей процес супроводжується погіршенням кольору за рахунок накопичення темнокольорових сполук, проміжних продуктів, які утворюються у присутності підвищених концентрацій цукрів, амінокислот у кислому середовищі.

Отримані дані свідчать, що проводити процес концентрування до вмісту масової частки сухих розчинних речовин більш, ніж 70%, недоцільне.

Розрахунок балансу розчинних сухих речовин у готовому продукті з метою обґрунтування норм компонентів при змішуванні проводимо за формулою:

$$X = \frac{(A_1 \cdot B_1) + (A_2 \cdot B_2)}{A_1 + A_2}, \quad \% \quad (3.1)$$

де X – вміст сухих речовин в продукті;

A_1 - густа фракція, кг.;

A_2 - рідка фракція, кг.;

B_1 - вміст розчинних сухих речовин в густій фракції, %;

B_2 - вміст розчинних сухих речовин у рідкій фракції, %;

$$X = \frac{(30 \cdot 5) + (70 \cdot 5)}{30 + 5} = 14 \%$$

Згідно з розрахунками і після виготовлення томатної пасти у виробничих умовах, прийшли до висновку, що вміст розчинних сухих речовин в томатній пасті має бути не менше 14 %.

Розрахунок норми витрати сировини при виробництві концентрованих томатних продуктів (томатної пасти) за запропонованою технологією .

Норму витрати томатів для вироблення 1000 кг томатної пасти (в перерахунку на масову частку сухих речовин 12 %) визначали за формулою:

$$X = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 100^2}{C_o(100 - P_1)(100 - P_2)} \quad (3.2)$$

де X – норма витрати томатів, кг .;

C_o – масова частка сухих речовин у сировині;

P_1 – граничне значення масової частки невикористовуваних відходів , %,

($P_1 = 6.5$)

P_2 – граничні втрати сухих речовин у виробництві, % ($P_2 = 5.0$)

$$X = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 100^2}{5 \cdot (100 - 6.5) (100 - 5)} = 2702$$

Для виробництва 1000 кг концентрованої томатної пасти необхідно 2702 кг сировини, що на 150 кг менше, ніж за нормою традиційної технології .

В результаті проведених фундаментальних і прикладних досліджень, розроблений спосіб підготовки томатів перед концентруванням, який включає поділ томатів на рідку і густу фракції . Встановлено, що відділення твердої фази томатів, яка є чинником, що ускладнює видалення вологи, без подальшої її пере-

робки при отриманні концентрованих томатних продуктів, від рідкої фракції, яка в подальшому концентрується до масової частки сухих речовин від 60% до 70%, з подальшим змішуванням її з густою масою за розрахованим співвідношенням . Розроблено апаратурно-технологічну схему з роздільним оброблення фракції томатів, що дозволяє отримати продукт підвищеної харчової цінності .

参考文献 // REFERENCES // ЛІТЕРАТУРА

1. The Regulations on the Implementation of the Food Safety Law of the People's Republic of China were revised and adopted at the 42nd Executive Meeting of The State Council on March 26, 2019. The revised Regulations on the Implementation of the Food Safety Law of the People's Republic of China. [HTTPS://FLK.NPC.GOV.CN/DETAIL2.HTML? ZMY4MDGWOD E2ZJNJY MIZ YZ AXNM Y0MGRINJQ3MDA3OTG](https://flk.npc.gov.cn/detail2.html? ZMY4MDGWOD E2ZJNJY MIZ YZ AXNM Y0MGRINJQ3MDA3OTG)
2. The influence of the degree of dispersion of tomato pulp particles on the concentration process /I. K. Mazurenko, M. V. Savkin//Food Industry 2015, No. 2-36-37.
3. Drobot V. I., Petrishin N. Z. influence of beta-picture preparations on technological processes and bread quality. Suffocate. - №10, 4. II-UDUKHT, 2021. - PP. 111-112
4. Mikulonok I. O. polymers in packaging / I. O. Mikulonok, G. L. Ryabtsev / / packaging, 2021. - №5. - pp. 9-11.
5. The influence of the technical quality of fresh tomatoes on the chemical composition of tomato pulp for the production of tomato products/Z.Troyan, M. Mikhailuta, N. Korastileva, Zh. Bonenko//Storage and processing of agricultural raw materials, 2014 No. 8- 38 – 40 .
6. Technology of canning fruits, vegetables, meat and fish: podr./ Edited by B. L. Flaumenbaum. - K. :, 301 P.
7. Chemical composition of food products. Book 1: Reference tables of the content of basic nutrients and the energy value of food products/Edited by I.M. Skurikhin, M.N. Volgarev. - 2nd ed., reprint. and additional - M.: IN "Agropromizdat", .- 224 p.; Book 2: Reference tables of amino acids, fatty acids, vitamins, micro- and macroelements, organic acids and carbohydrates/Edited by I.M. Skurikhin, M.N. Volgarev.- 360 p.
8. Shirko T.S. Yaroshevich I.V. Biochemistry and fruit quality. - Minsk: Science and technology, 2021. - 294 PP.\
9. Develop and introduce into production scientifically-based modes of sterilization and pasteurization of canned food in autoclaves and continuously operating pasteurizers:- OTSO10213; No. GR.004.8240; Inv. №2412.-0., 2019.- 221 p .
10. Handbook of the technologist of fruit and vegetable canning production/A.N.Samsonova, L.I.Khalupnaya, G.N.Telyatnikova, etc. - K. : Leg. and food industry , .-407 p.
11. Combined technology of tomato paste production/L.I. Gavrilishina, P.P. Tereshchenko, L.A. Yakovleva, etc.// Izv. Food technology.- 2016.- №5-6.- pp. 46-47.
12. Markh A.T. Biochemistry of fruit and vegetable canning. -Food industry,. - 372 p.
13. Ladyzhensky I.A. Planning the rational use of tomatoes for the production of tomato paste, depending on their quality//Review. Information ./ pishchekontsent. Industry - Issue 17. - 35 p.
14. Markh A.T., Techno-chemical control of canning production/A.T. Markh, V.N. Golubev, A.T. Zykina – 304 s
15. Azotany I azoty w warzywach. Cz. I. Wplyw różnych czynników na zawartość I azoty w warzywach świeżych/Zoria Lisiewska, Waldemar Kmiecik//Post. nauk rol. -V. 38-43, №3.- C. 11-24.
16. Hisace M., Nakanishi M. Destroying of chlorophyll during storage//J. Food Sci. and Technol. – 2003. - №9/ - P. 429-431.
17. Biotechnology in the production of tomato products / E.P. Lyshenko. O.Y. Pashkina, L.L. Grom, G.V. Mikhailova//. "Science. fundamentals of progressive storage technologies for the creation of human food", – p. 276.
18. Domaretsky V. A., Ostapchuk M. V., Ukrainets A. I. technology of food products: textbook / - K.: NUHT, 2003. - 572 P.
19. Kaprelants L. V. Food of the future – problems and prospects. Scientific works. - P.3-8.
20. Handbook of Dietetics/Edited by A.A. Pokrovsky, M.A. Samsonov. –Medicine, – 704 p.
21. Spirichev V.B. Vitamin provision of school-age students and ways to optimize it//The question of nutrition. No. 3. – pp. 45-53.
22. Handbook of biochemistry/ R. Dawson, D. Elliot, W. Elliot, K Jones:. – 543 p
23. Smolyar V.I. Rational nutrition. – Kiev:,- 368 p.
24. Snizhkin Yu.F.Vikorisannya of natural powders of roslinnoi sirovini u virobnitva dairy products/Yu.F. Snizhkin, R.O. Shapar//Sciences. prati 2021. – pp. 57-58
25. Human trace elements: etiology, classification, organopathology / A.P. Avtsyn, A.A. Zhavoronkov, M.A. Rim, L.S. Strochkova. – Medicine, – 496 p.
26. Aggett P.J. Phisiology and metabolism of essential trace elements. An outline//Clin. Endocrinol. Metab. V. 14, №3. – P. 513-543
27. Aggett P.J., Rose S. Soil and congenial microformations//Experienta/– V.43. – P. 104-108.
28. Shirokov E.P. Technology of storage and processing of fruits and vegetables: Textbook. — 311 s
29. Krotov E.G., Brovchenko A.A. Influence of vacuuming on the quality of quick - frozen fruit sets//Canning and vegetable drying industry - No. 4. – pp. 13- 14.
30. Gordon Yu.I. Production of concentrated tomato products and tomato juice. – Food industry, – 163 p.
31. Investigation of vacuum cooling of tomato paste during aseptic canning / V.I. Zukerman, G.V. Marshhev, O.G. Framzel//Food industry. -- No. 10.- pp. 26-27.
32. Production of fruit and vegetable pasty products: An overview. inform./G.V.Nesterenko, T.P.Fedorova, N.P.Gorkovlyuk, O.A.Fomina. – /TSNIITEI pishcheprom. Ser. :26
33. Flaumenbaum B.L. Fundamentals of food preservation/B.L. Flaumenbaum., S.S. Tanchev., M.A. Grishin .-280 p.
34. Bukin V.N. Biochemistry of vitamins. Selected works. – Science, 320 p.
35. Vigorov L.I. Field evaluation of tomato fruits by vitamin content. -№8.- pp.56-59.

36. Processes that cause tomato paste to turn brown during its manufacture/And.Sokolova, Yu.A.Zherebin, V.V.Kapustin, L.N.Telozhenko; Ref. journal. "Agronitei pishcheprom., No. 2457.
37. Gladushnyak O.K. Udoskonalennya tehnologii viroblyenny concentrated tomato products/O.K. Gladushnyak, P.P. Lypnyagov, N.P. Lypnyagov– pp. 202-204.
38. Glukhov G.M. Course of lectures on the discipline "The process of the aparat harchovih virobnitsv":. – 155 p.
39. Gordon Yu.I. Aseptic preservation of food products in small containers: An overview. inform./TSNIITEI PP. – Issue 12.
40. Gorenkov E.S. Scientific support of fruit and vegetable production//– 2012. No.2. – pp. 54-56.
41. Gorenkov E.S. Canning technology/E.S. Gorenkov, A.N. Gorenkova, G.G. Usacheva. – . – 351 p.
42. Dodaev K.O. Mathematical modeling and optimization of the process of obtaining tomato paste according to the scheme of centrifugation-evaporation/K.O. Dadaev, A.A. Artikov, O.R. Abdurakhmanov// Pp. 10- 12.
43. Dodaev K.O. Low-temperature processing of tomato products / K.O. Dadaev, A.A. Artikov, A.H. Akbarov// No.8.- P.66.
44. Efremov V.N. Thermovacuum processing of food products// p. 356-357.
45. Changes in some food substances during heat treatment/V.I. Anokhina, L.R. Dmitrieva, L.V. Tereshchenko et al.//Problems of the influence of heat treatment on the nutritional value of food: Theses of the Report pp. 15- 16.
46. Investigation of the features of the technology of processing tomatoes according to the scheme centrifugation-evaporation/K.O. Dodaev, D.H. Nigmanov, I.T. Abukarimov, etc.// No. 12.- S.24.
47. Progressivnii tehnologii ta udoskonalennya processiv kharchovikh virobnitsv: Zb. sciences. prats: At 2 hours/, 2000.- Part 1. – 2000. – 386 p.: ill. Part 2. – 2000.- 298 p.
48. Tel L.Z. Valeology: The doctrine of health, illness and recovery. In 3 vols. Vol.2. – "AST Publishing House", "Astrel", 2021. – 480 p.
49. Tutelyan V.A. Correction of micronutrient deficiency –the most important aspect of the concept of nutrition of the population / //Vopr. nutrition. -- No. 1. – pp. 5-9.
50. Tutelyan V.A. Strategy for the development,application and evaluation of the effectiveness of biologically active food additives//Vopr. nutrition. –No.6. –pp.3- 11.
51. Britton G. Biochemistry of natural pigments: Mir, 2016. – 422 p.
52. Goodwin T., Mercer E. Introduction to Plant Biochemistry: Mir, 1989. – 393 p.
53. Kudritskaya S.E. Carotenoids of fruits and berries. – K.: 1990. – 221 p. James Allen Olson. Provitamin A of function of carotinoids. The conversion of β -carotene into vitamin A//Amer. Inst. of Nutrition. The FASEB J. 1998. – Vol. 6. - №9. – P. 105- 108.
54. Wegler R. Chemie der pflanzenschutz – und Schädlinge – bekämpfungsmittel//R/ Wegler und andere. Berlin.– 788 p

55. Ananyan A.A., Tarasova E.O. Dynamics of carotenoid accumulation in tomato fruits during their ripening//Biologist. the Journal of Armenia. – Yerevan. - No. 4. – pp. 29-33.
56. Telozhenko L.N., Bezusov A.T. Biologically active substances of fruits and vegetables and their preservation during processing. – Odessa: Publishing house "Optimum", 2004. – 268 p
57. Stahl W. Antioxidants and Disease Prevention/W. Stahl, W. Schwartz, H. Sies//Int. Symp. on Antioxidants and Disease Prevention/ - Stockholm. Sweden. – 1993. – P.23-24.
58. Karnaukhov V.I. Biological functions of carotenoids. – M.: Nauka,. 240 pp
59. Sankava U., Sung C.K., Han B.H., Akiyama T., Kawashima K. Et al. Radioimmunoassay for the determination of ginseng saponin, ginsenoside R. Q. 5 (Ranax gingeng)/Tokyo, Pharm, Sos. of Japan. Chemical Sc. Pharmaceutical bulletin. 1982. V. 30(5). – p. 1907- 1910
60. Georgievsky V.P., Komissarenko N.F., Dmitruk S.E. Biologically active substances of medicinal plants. – : Nauka, 1990. – 333 p.
61. Levinton J.B. Biomedical aspects of the development of radioprotective, immunostimulating and antioxidant food products//Actual problems of elimination of medical consequences of the Chernobyl accident. Tez. dokl. Ukr. scientific-practical conf. – K.,– p. 127
62. Dietary fiber reduces β -carotene utilization//Nutr. Rev.. – 45 (11). – P. 350-352.
63. Tsipriyan V.M. Alimentary factors of increasing the body's resistance. Tez. dokl. radiobiologist. congress. Vol. III. – . – pp. 1081- 1082.
64. Rymal K.S., Nakayama T.O. Major carotenoids of the seeds of three cultivars of the de methyl ene//Riv. Essenze, profumi, piante office., aromi, saponi, cosmet., aerosol. – 1996. – Vol. 58. - №6. – P. 294-304
65. Rakhmanov R.S. The effect of additional intake of ascorbic acid on the anti - infective resistance of the body/R.S. Rakhmanov, A.V. Zotkin//Nutrition issues, - No. 4. – pp. 25-28
66. Biologically active substances of food products/ V.V. Petrushevsky et al. – K. : Harvest,. – 192 p.
67. Advanced control in food processing//Contr. Syst. – 1995. – V. 12, N 8. – P. 27.
68. Boothy D. Composition of juice and sample preparation for vitamin C analysis//J. of Food Sci.– V.34, №10. – P. 1117- 1122
69. Safronova O. M. Quality Management of agricultural raw materials processing products/ Kharkiv, 2011.pp. 237-243.
70. Technology of fruit and vegetable canning and product quality control/A.F. Zagibalov, A.S. Zverkova, A.A. Titova, B.L. Flaumenbaum. – M.: Agropromizdat,.- 348 p.
71. Feldman A.L. Factors of improving the quality of fresh and canned fruits and vegetables. –M.: Food industry, 168 p.
72. Modern methods of processing tomatoes and fruits, materials of SEV/Odessa 220 p.
73. Handbook of fruit and vegetable production technologist/M. Kunitsyna et al. – St. Petersburg: 2001.- 478 p.

74. Tomato processing technology; Handbook/Ya.G. Verhivker, S.N. Galkina, V.I. Lerner, Yu.D. Pilipenko. – K. : Harvest– 192 p.
75. Skorikova Yu.G. The results of the production test of the method of enzymatic processing of tomato mass /Yu.G. Skorikova, S.M. Tleuzh//4 international. Seminar "Human Ecology: food technology and products", Part 2.- pp. 305-306.
76. Modern equipment for the production and packaging of tomato paste and fruit purees//Machinery and equipment for the village.- No. 6.- p. 13.
77. Dragilev A.I. Technological machines and apparatuses of food production: Textbook/A.I. Dragilev, V.S. Drozdov. – M.: Kolos. – 376 s
78. Lazarev V.D. The possibility of increasing the temperature regime of evaporators/V.D. Lazarev, E.R. Hanukhov//Food industry No. 6.- pp. 54-55.
79. Equipment for high-temperature concentration, sterilization and cooling of food liquids/Under the general editorship of A.M. Maslov. – Mechanical engineering,.- 232 p.
80. Optimization of tomato paste production according to the centrifugation- evaporation scheme /K.O. Dadaev, A.A. Artykov, O.R. Abdurakhmanov, D.K. Halmanbetov//11th International Scientific Conference. "Mathematical methods in chemistry and technology – Vol. 3.- p.77.
81. Bobrakov B.P. Aseptic preservation of semi-finished juices and purees/B.P. Bobrakov, P.V., P.V. Epifanov. –Moldova: – 119 p.
82. Modern directions of technology and mechanization of processes of processing and food production/ed. by F. V. Pertsevov. - H.: HDTUST,.- 322 P.
83. Senesh E. Evaporation processes in food production/E.Senezh, P.Nadaban;. : Hungary.- 312 p.
84. Masokhina N.N. Microbiological analysis of tomato products in the canning industry:./TSNIITEIPP. P. 47.
85. Aminov M.S. Canned food production: Textbook / M.S. Aminov, E.M. Aminova, E.G. Gorun. – : Agropromizdat - 304 p.
86. Bologa M.K. Electroantisepting in the food industry/Edited by I.A. Rogov; Moldova:.- 180 p.
87. Panfilov V.A. Technological lines of food production: Creation of technological flow/V.A. Panfilov, O.A. Lessons: Textbook for universities. –Food industry, 472 p.
88. Pomortseva T.I. Technology of storage and processing of fruit and vegetable products: Textbook IRPO, 2011.- 737 p.
89. Directory of canned food production. In 4 t. t. 4. Canned food from vegetable raw materials/Edited by V.I. Rogachev. –Food industry 654 p.
90. Handbook of canned food production. Vol. 1. General issues of canning. Equipment, mechanization and automation of canning production/ Edited by V.I. Rogachev. – Food industry. - 770 p.
91. Exchange of experience on automation of production of concentrated tomato products. – MBI,.- 75 p.
92. Obolensky N.V. Processes and apparatuses in the processing of crop production: Textbook/N.V. Obolensky, M.B. Terekhov.- 339 p.

93. Panasevich Z.I. Standard project of labor organization at sites of aseptic canning of semi-finished fruit juices in large containers, sterilization of canned food in large containers, sterilization of canned food in continuously operating sterilizers "Hunister". – M.: Food industry.- 87 p.
94. Aminov M.S. Devices for sterilization of canned food. - Pishchepromizdat- 120 p
95. Kavetsky G.D. Processes and devices of food technology/G.D. Kavetsky, B.V. Vasiliev/ Kolos- 551 p.
96. Kinyakin M.F. Equipment of enterprises for the storage and processing of fruits and vegetables/Study guide. – 2000.- 256 p.
97. Longzin M. The main processes of food production / M. Lontsin, R. Merson; food industry, -384 p.
98. Lunyaka K.V. Process ta aparati himichnih i harchovih virobnitsv. –Part2. : Teplovi process. – 86 p.
99. Massover A.M. Autoclaves of the canning industry.- : Food industry - 32 p.
100. Rogachev V.I. Sterilization of canned food in continuous devices/V.I.Rogachev, V.P.Babarin.- Food industry, - 247 p.
101. Kinetic parameters of inactivation of microorganisms in tomato paste at high temperatures/B.I. Golod, Z.I. Veseler, N.V. Bogdanova, I.N. Lennon//Storage and processing of raw materials,.- No. 4.- pp.34-36.
102. Luke E. Preservatives in the food industry. Properties and application/E. Luke, M. Yager; translated from German by L.A. Sarafanova; - St. Petersburg: TIORD, - 256 p.
103. Nikolaeva S.A. Sanitary treatment of equipment for aseptic canning/S.A. Nikolaeva, M.S. Ustinova// Canning industry. – No. 12.- pp. 36-38.
104. Technological equipment of canneries: Textbook/M.S.Aminov, M.Ya. Dikis, A.N. Malsky, A.K. Gladushnyak. – : Agropromizdat,- 318 p.
105. Technology of food production/L.P. Kovalskaya, I.S. Shub, G.M. Melkina, etc./edited by L.P. Kovalskaya. –Ear - 752 s
106. Technological aspects of aseptic canned tomato paste/I.K. Mazurenko, Yu.D. Pilipenko//Nauk. pr. NUKHT.- K., 2004.- Vip.3.-pp. 132- 133.
107. Molodetsky E.G. Automation of the sterilization process of canned food. – Agroprom- 57 p.
108. Samsonova A.N., Usheva V.B. Fruit and vegetable juices (Technique and technology) Agropromizdat, 1990. – 287 p.

目录 // CONTENTS // ЗМІСТ

	页	р	с
I 分析性审查, 进行研究的依据	5		
I ANALYTICAL REVIEW, GROUNDS FOR CONDUCTING RESEARCH	83		
I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД, ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	165		
番茄及浓缩番茄制品的特性	7		
Characteristics of tomatoes and concentrated tomato products	85		
Характеристика томатів і концентрованих томатних продуктів	167		
番茄生物活性物质在健康营养和疾病预防中的作用	15		
Biologically active substances of tomatoes in healthy nutrition and disease prevention	93		
Біологічно активні речовини томатів у здоровому харчуванні та профілактиці захворювань	175		
浓缩前番茄块的制备方法分析	20		
Analysis of methods of preparation of tomato mass before concentration	97		
Аналіз способів підготовки томатної маси перед концентруванням	179		
浓缩番茄块的方法	23		
Methods of concentrating tomato mass	101		
Способи концентрування томатної маси	183		
浓缩番茄制品的保存方法	24		
Methods of preserving concentrated tomato products	103		
Способи консервування концентрованих томатних продуктів	185		
II 番茄的流变学和理化特性	29		
II RHEOLOGICAL, PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF TOMATOES	107		
II РЕОЛОГІЧНІ, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОМАТІВ	189		
不同工艺对番茄块理化特性的影响	29		
The effects of technological processes on the physico-chemical characteristics of tomato mass	107		
Вплив технологічних процесів на фізико-хімічні характеристики томатної маси	190		
热过程对生物活性物质破坏的影响	34		
Influence of thermal processes on the destruction of biologically active substances	112		
Вплив теплових процесів на деструкцію біологічно-активних речовин	195		
热暴露对番茄块色系变化的影响	40		

目录 // CONTENTS // ЗМІСТ

	页	р	с
The effect of thermal exposure on changes in the color scheme of tomato mass	119		
Вплив термічного впливу на зміни кольорової гами томатної маси	201		
番茄块的胶体化学特性	48		
Colloidal-chemical characteristics of tomato mass	127		
Колоїдна-хімічна характеристика томатної маси	209		
番茄块的分散组成是影响浓缩率的主要因素	51		
Dispersed composition of tomato mass, as the main factor influencing the concentration rate	131		
Дисперсний склад томатної маси, як основний фактор впливу на швидкості концентрування	213		
不同固体含量番茄浆流变特性的研究	54		
Study of rheological characteristics of tomato pulp with different content of solid fraction	134		
Дослідження реологічних характеристик томатної маси -пульпи з різним вмістом твердої фракції	216		
III 番茄浆分级浓缩番茄制品生产技术	56		
III PRODUCTION TECHNOLOGIES CONCENTRATED TOMATO PRODUCTS BY FRACTIONATION OF TOMATO PULP	135		
III ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРОВАНИХ ТОМАТНИХ ПРОДУКТІВ СПОСОБОМ ФРАКЦІОНУВАННЯ ТОМАТНОЇ МАСИ-ПУЛЬПИ	218		
番茄预处理方法对分级过程的影响	56		
The influence of tomato pretreatment methods on the fractionation process	136		
Вплив способів попередньої обробки томатів на процес фракціонування	218		
番茄组分的理化性质研究	60		
Physico-chemical studies of tomato fractions	139		
Фізико-хімічні дослідження фракцій томатів	222		
番茄分离物热处理优化模式的建立	61		
Development of optimal modes of thermal processing of separated tomato fractions	141		
Розроблення оптимальних режимів теплових процесів оброблення розділених фракцій томатів	223		
浓缩番茄制品生产工艺技术方案研究	63		
Research of technical and technological solutions in the production of concentrated tomato products	142		
Дослідження техніко-технологічних рішень при виробництві концентрованих томатних продуктів	224		

目录 // CONTENTS // ЗМІСТ

	页	р	с
浓缩番茄制品的比较特性	66		
Comparative characteristics of concentrated tomato products	146		
Порівняльна характеристика концентрованих томатних продуктів			228
浓缩番茄制品的光谱特性及颜色参数	67		
Spectral characteristics and color parameters of concentrated tomato products	147		
Спектральні характеристики і колірні параметри концентрованих томатних продуктів			229
浓缩番茄制品品质指标变化的研究	72		
Studies of changes in quality indicators concentrated tomato products	153		
Дослідження зміни показників якості концентрованих томатних продуктів			234
不同的液体和浓稠物质比例下浓缩番茄制品可溶性固体含量的计算	76		
Calculation of the content of soluble solids in concentrated tomato products, with different ratios of liquid and thick fractions	157		
Розрахунок вмісту розчинних сухих речовин в концентрованих томатних продуктах, при різних співвідношеннях рідкої і густий фракції			239
参考文献	242		
REFERENCES	242		
ЛІТЕРАТУРА			242

Наукове видання

Мазуренко Ігор

Шао Чженчжен

Лі Юнбо

Мохаммад Ноаман Захід

ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧУВАННЯ

КОНЦЕНТРОВАНІ

ТОМАТНІ ПРОДУКТИ

Монографія

Китайською, англійською

та українською мовами

Надруковано в авторській редакції
з готового оригінал-макета

Формат 60х84/16. Ум. друк. арк. 14,65.
Тираж 300 прим. Зам. № 592 (42).

Видавництво і друкарня «Астропринт»
65091, м. Одеса, вул. Разумовська, 21

Тел.: (0482) 37-14-25, 33-07-17, (048) 7-855-855

e-mail: astro_print@ukr.net; www.astroprint.ua; www.stranichka.in.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1373 від 28.05.2003 р.