

УДК 664.8: 573.6.086.83:664.022.3

Особенности высокотехнологичной переработки томатов

Гаджиева Аида Меджидовна, Касьянов Геннадий Иванович

Аннотация:

В пищевых отраслях промышленности многих стран томаты считаются самой популярной культурой благодаря ценным питательным и диетическим качествам, большому разнообразию сортов, высокой отзывчивости на применяемые приёмы выращивания. Однако существующее в настоящее время состояние технологии и оборудования для переработки томатного сырья требует дальнейшего развития и совершенствования.

Консервная промышленность является бюджетообразующей отраслью Республики Дагестан. До 30 % финансовых средств Республики поступает от перерабатывающей, в том числе от консервной промышленности.

Однако по качественным показателям и способам упаковки консервная продукция, вырабатываемая в Республике, пока не может конкурировать с аналогичной продукцией на международном рынке. Во многом низкую конкурентоспособность отечественных томатных продуктов определяет нерациональное соотношение между ценой и качеством вырабатываемых изделий.

Повысить качество выпускаемой консервной продукции и снизить ее себестоимость реально за счет тщательного отбора сортов томатов и использования высокотехнологичных производственных процессов. В научном арсенале технологов Дагестанского государственного технического университета и Кубанского государственного технического университета уже имеются высокие технологии и механизмы воздействия на качественный состав томатного сырья разночастотных электромагнитных и ультразвуковых полей. Большим потенциалом высокотехнологичной обработки сырья обладают способы препаративного разделения компонентов сырья сжиженными и сжатыми газами. Новые технологические приемы позволяют производить продукцию без консервантов, наполнителей, нежелательных химических и ароматических веществ, других добавок.

В данной работе мы предлагаем эффективные пути решения обозначенной проблемы с использованием физических, физико-химических и химических способов воздействия на томатное сырье, полуфабрикаты, вспомогательные материалы и готовую продукцию. К ним относятся электромагнитное поле низких и сверхвысоких частот, ультразвук, СО₂-обработка, используемые в других отраслях промышленности.

Ключевые слова. Сырье, томаты, сорта, технология, сушка, концентрирование, ЭМП, ультразвук, СО₂-экстракция.

Eng.: *Special features of highly technological processing of the tomatoes*
Gadzhieva Aida Medzhidovna, Kasianov Gennadi Ivanovich

Abstract:

In the food branches of the industry of many countries the tomatoes are considered as the most popular culture because of the valuable nourishing and dietetic qualities, the wide variety of types, high responsiveness to the methods of cultivation used. However, the state of technology and equipment for processing of tomato raw material existing at present requires further development and improvement. Canning industry is the branch forming the budget of the republic of Daghestan. To 30 % the financial means of republic it comes from that processing, including from canning industry. However, according to the quality indicators and using the methods of packing the canning production, manufactured in the republic thus far cannot compete with the analogous production on the international market. In many respects the low competitive ability of domestic tomato products determines the irrational relationship between price and quality of the manufactured articles. To increase the quality of canning output and to reduce its prime cost is possible due to the thorough selection of the types of tomatoes and use of highly technological production processes. In the scientific arsenal of the technologists of Daghestan State Technical University and Kuban State University of Technology has already been located high technologies and pour on the mechanisms of action on the qualitative composition of the tomato raw material of multi-frequency electromagnetic and ultrasonic. By the large potential of highly technological working of raw material possess the methods of the preparative separation of the components of raw material the liquified and compressed gases. New technological methods make it possible to produce production without the preservatives, the fillers, the chemical, undesirable aromatic substances and other additives. In this work we propose effective means of the solution of this problem in the use of physical, physical chemistry and chemical methods of action on the tomato raw material, semifinished products, auxiliary materials and finished production. They include the electromagnetic field of low and superhigh frequencies, ultrasound, the SO₂- working, utilized in other branches industries.

Keywords: Raw material, tomatoes, type, technology, drying, concentration, EMP, ultrasound, SO₂- extraction

В Республике Дагестан (РД) производится около одного млн. тонн овощей, что составляет 7% от произведенной в России продукции. Значительная часть населения Дагестана задействована в процессе выращивания и переработки томатов. В настоящее время в поселке Красноармейск РД реализуется инвест-проект «Свежие овощи». В рамках этого проекта в теплицах будут выращиваться свежие экологически чистые овощи. С этой целью в настоящее время посажены элитные голландские сорта томатов. Планируется также выращивание ягод, салатов и перца. В планах реализация продукции и за пределами республики.

Значимым событием в республике явилось внедрение инвестиционного проекта ООО «Дагагрокомплекс», предусматривающего внедрение технологий возделывания основных сельскохозяйственных культур, внедрение перерабатывающих производств и организацию объектов логистического обеспечения АПК. С целью реализации поставленных задач организаторами инвестиционного проекта разработан бизнес план, проходящий в данный момент актуализацию согласно требованиям банка кредитора (ОАО «Россельхозбанк»).

Правительством РД из земель республиканского фонда выделено в аренду 3500 гектаров земли для реализации этого инвестиционного проекта, также 3018 га земли выделены Кизлярским и более 5000 га Тарумовским районами.

Таким образом, теоретическое обоснование и разработка инновационных технологий переработки томатного сырья с использованием физико-химических технологических приемов является весьма актуальной задачей.

Целью исследований является теоретическое обоснование и разработка инновационных технологий комплексной переработки томатного сырья с использованием физико-химических технологических приемов на основе CO₂-экстракции, электромагнитных полей и ультразвукового воздействия.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение технологической и экологической целесообразности использования возделываемых в Республике Дагестан перспективных сортов томатов в технологии производства пищевых продуктов хорошего качества;
- теоретическое обоснование инновационных физико-химических способов переработки томатного сырья:
- использование электромагнитного поля крайне низких и сверхвысоких частот;
- применение ультразвуковых воздействий и CO₂-экстракции;
- обоснование перспективности использования инновационных технологических приемов при производстве соков и напитков.

Материалы и методика исследования

В качестве объектов исследования использовались томаты сортов Юлиана, Дубрава, Бетта, Бычье сердце, Гибрид Ралли F1, Гном, Загадка, Ляна, Малиновая лампа, Томат розовый, Хурма, Цифомандра, а также гибриды томатов различных сортов, состава и сроков созревания, выращиваемые в равнинной и предгорной зонах Республики Дагестан.

Использовали также томаты, выращенные в южных районах Дагестана, которые в полной мере обогащены полезными компонентами. Плоды таких томатов содержат 5-6 % сухих веществ, в том числе 0,13 % пектина, 0,84% клетчатки, 0,5% органических кислот; 0,6% минеральных веществ и др. Свежие томаты таких хозяйственно-ботанических сортов, как Волгоградский 5/95, Ранний-83, Глория, Колхозный-34, Подарок имеют интенсивно красный

цвет по ГОСТ 1725-85. Такие плоды томата применяли для производства томатной пасты. Они находились в стадии технической зрелости, когда обладают высокой пищевой ценностью.

Исследования качественных характеристик томатопродуктов проводили в лабораторных и производственных условиях по комплексу показателей, с использованием органолептических, физико-химических, биохимических, микробиологических и санитарно-гигиенических методик.

По требованиям Евростандарта томаты должны быть чистые, без видимых повреждений, не подверженные порче или гниению, не допускается присутствие постороннего привкуса или запаха, волокон плесени, видимых невооруженным глазом, явно заметных участков с измененной окраской, поверхностных пороков, пятен, покрывающих более 5% поверхности томата. Исключение составляет привкус хлорида натрия и пряностей. Сушеные томаты должны выдерживать погрузку, разгрузку, транспортировку и доставляются к пункту назначения в удовлетворительном состоянии.

При выполнении работы использовалась оригинальная аппаратура и установки, которые нами будут рассмотрены в отдельной статье.

Результаты и обсуждение

Недостатками известных способов производства томатного сока являются:

- после инспектирования томаты дробятся, и дробленую массу подогревают до 80°C, после чего эту массу пропускают через экстрактор (для получения сока) и протирочную машину (для получения оставшейся мякоти); после тепловой обработки томатной массы, томатные семена нельзя использовать как посадочный материал;
- сравнительно большие отходы сырья; нами был экспериментально установлен процент отходов при различных температурах подогрева измельченной томатной массы;
- трудность регулирования количества мякоти в томатном соке.

Исследование химического и биохимического состава томатопродуктов

Следует отметить, что пищевая ценность и химический состав томатов в значительной степени зависят от сорта, состояния зрелости, климатических условий и районов выращивания. В среднем, в томатах содержится 5 % углеводов, из которых преобладают глюкоза и фруктоза; органических кислот содержится от 0,3 до 0,7% (преимущественно яблочная, лимонная, винная, щавелевая и янтарная); сухих веществ – от 4 до 6 %, белков – от 0,6 до 1,6%; клетчатки – около 0,84 %; пектиновых веществ – от 0,03 до 0,23 %; витамина С – от 20 до 40 мг%. В незрелых плодах томатов обнаружены гликозиды: соланин и томатин. Содержатся также витамины К, РР, В₁, В₂ и В₃. В кожице и мякоти томатов имеются хлорофилл и каротиноиды. Красную

окраску плодам придает ликопин, оранжево-желтую – β-каротин и ксантофилл. Из минеральных веществ содержатся калий, натрий, магний, фосфор, железо, кобальт, цинк и др.

В таблице 1 приведен химический состав томатов трёх сортов.

Таблица 1 – Химический состав томатов

Наименование сорта томатов	Вода, %	Вит. С, мг%	Каротиноиды, мкг%	Орган. к-ты, %	Оптич. плотн. при λ 413, нм
Юлиана	92	25	800	0,8	0,197
Дубрава	88	18	670	0,7	0,145
Гибрид Ралли F1	90	15	880	0,4	0,176

При дроблении плодов томата при выдержке дробленной массы, ее состав заметно меняется. В таблице 2 показана активность ферментов и содержание витамина С при вынужденных задержках процесса переработки дробленной массы. Так, активность ферментов аскорбиноксидазы и полифенолоксидазы заметно повышается при выдержке в течение 60 мин, а активность пероксидазы снижается. Также немного снижается содержание витамина С.

Таблица 2- Содержание витамина С в дробленных томатах

Продолжительность хранения дробленной массы, мин	Содержание аскорбиновой кислоты		Активность ферментов в мг окисленной аскорбиновой кислоты		
	мг%	%	аскорбин-оксидаза	полифенол-оксидаза	пероксидаза
Томаты сорта Золотой орех					
5	33,5	100	2,03	5,96	22,97
10	32,6	97	–	–	–
30	32,1	95	–	–	–
60	30,9	92	2,65	8,80	4,60
Томаты сорта Ракета					
5	23,8	100	1,75	3,86	21,16
10	23,6	99	–	–	–
30	23,3	97	–	–	–
60	22,2	93	7,91	13,36	6,33

Для получения сока дробленную массу подогревали до температуры 60°C и 80°C. Целью подогрева является снижение активности пектолитических и окислительных ферментов, гидролиз протопектина в пектини увеличение выхода сока. Температура нагрева дробленной массы на заводской линии равна 60°, на усовершенствованной линии – 80°.

В таблице 3 дан химический состав исходного сырья и получаемого томатного сока.

Таблица 3– Химический состав сырья и томатного сока

Показатели, %	Дагестанский		Кардинал		Космонавт Волков		Смесь сортов	
	сырье	сок	сырье	сок	сырье	сок	сырье	сок

Сухие вещества	6,0	5,9	6,2	6,1	5,5	5,6	5,1	5,0
Сахар общий	2,7	2,7	2,9	2,9	3,1	3,1	2,4	2,4
Кислотность (по яблокам)	0,6	0,6	0,4	0,4	0,40	0,43	0,49	0,49
pH	4,5	4,5	4,9	4,9	4,7	4,7	4,7	4,7
Азот аминокрупп	0,16	0,10	0,14	0,10	0,15	0,10	0,21	0,16
Зола	0,60	0,55	0,42	0,39	0,48	0,45	0,46	0,44
Клетчатка	0,3	0,24	0,28	0,20	0,54	0,20	0,53	0,43
Вит. С, мг%	30,7	16,5	27,9	22,2	28,0	17,7	28,4	14,9
Каротин, мг%	3,7	3,2	5,3	3,4	4,1	4,0	3,74	2,75
Мякоть	14,0	12,5	20,0	12,5	18,9	12,2	14,5	13,0
Вязкость, спз		1,09		1,11		1,10		1,08
Цвет	0,140	0,140	0,120	0,122	0,120	0,122	0,120	0,130
Сод. воздуха в объёмных %	3,9	0	3,8	0	4,1	0,82	4,0	1,3

Технологические приемы, используемые при переработке томатов

Красные томаты после мойки и инспекции дробят при помощи дробилок, полученную дробленую массу томатов пропускают через машину «семяотделитель», где томатные свежие семена отделяются от массы мякоти, сока и кожицы томатов. Полученную томатную массу без томатных семян центрифугируют, отделяя при этом томатный сок. Количество мякоти в соке регулируется частотой вращения центрифуги: при частоте вращения $n = 8-12$ об/сек количество мякоти в соке достигает 30%, что соответствует требованиям.

После центрифугирования оставшиеся мякоть и кожицу томатов нагревают до 60°C и протирают на протирочной машине. Нами была проведена экспериментальная работа по определению процента отходов при тепловой обработке при различных температурах (50÷80°C) и количество отходов при 60°C было минимальное. Полученная мякоть томатов после протирания была использована при производстве концентрированных томатопродуктов.

Полученный томатный сок нагревали до 125°C, выдерживали в течение 70 сек, охлаждали до 98÷100°C и расфасовывали в стеклотару.

В таблице 4 приведены потери при перетирании дробленой томатной массы в зависимости от температуры.

Таблица 4– Потери при перетирании дробленой томатной массы

Температура предварительного нагрева томатной массы, °C	Количество перерабатываемых томатов, кг	Потери при перетирании, %		
		дробленые	2-х ступенчатое перетирание	общие потери
80	12,3	1,74	5,16	6,9
70			5,0	6,74

60			4,77	6,51
50			5,53	7,27
80	13	1,88	4,53	6,41
70			4,66	6,54
60			4,18	6,06
50			5,18	7,06
80	14,6	1,74	5,94	7,68
70			5,42	7,16
60			4,68	6,42
50			5,96	7,70
80	16,9	2,12	7,03	9,25
70			6,94	8,06
60			6,72	8,84
50			7,03	9,15
80	19,1	1,74	5,83	7,57
70			5,08	6,82
60			5,14	6,88
50			5,70	7,44

Томатный сок нагревали до 125°C, выдерживали в течение 70 сек, охлаждали до 98÷100°C, расфасовали в банки 1-82-3000 и в течение 15÷20 минут выдерживали при температуре 100°C, затем охлаждали водой до 40-45°C.

Качественные показатели томатного сока, полученного существующим и предлагаемым способами, представлены в таблице 5.

Таблица 5- Качественные показатели

№	Показатели	Существующий способ	Предлагаемый способ
1	Цвет	Красный или оранжевый	Красный, ярко выраженный
2	Вкус и аромат	Свойственный томатам, с вареным привкусом	Свойственный томатам
3	Содержание мякоти, %	30	30
4	Сухие вещества	5,1	5,1
5	Содержание вит. С, мг %	5,2	9,5

Томатный сок, полученный по предлагаемому способу производства по качественным показателям лучше относительно томатного сока, полученного по существующему способу.

В таблице 6 даны результаты лабораторных исследований по активности ферментов, содержанию витамина С и каротиноидов в дробленых томатах, нагретых от 60 до 80°C. Как видно из полученных данных, активность ферментов в дробленых томатах, нагретых до 60°C, еще достаточно высокая, но существенно снижается при нагреве до 80°. Сохраняемость витамина С ниже при подогреве до 80° в сравнении с подогревом массы до 60°C.

Сохраняемость каротиноидов, наоборот, заметно выше при 80°, причем характер изменений одинаковый для четырех помолологических сортов, но в количественном отношении более благоприятный у сорта Подарок 105.

Таблица 6 – Влияние нагрева томатной пульпы на содержание БАВ

Ботанический сорт, Гибрид	Объект исследований	Активность ферментов в мг окисленной аскорбиновой кислоты			Вит.С, мг%	Каротиноиды, мг%
		аскорбин-оксидаза	полифенол-оксидаза	пероксидаза		
Снегурочка	Сырье	4,80	6,41	32,3	43,9	2,25
	Пульпа 60°С	2,08	3,90	21,2	37,4	1,83
	Пульпа 80°С	0	0	0	34,8	2,0
Любовь F1	Сырье	1,64	4,83	4,0	35,6	3,6
	Пульпа 60°С	0,80	4,19	15,2	32,9	1,9
	Пульпа 80°С	0	0	0	30,3	2,5
Чудо рынка	Сырье	11,21	47,71	3,1	21,5	2,2
	Пульпа 60°С	3,02	33,17	13,6	20,3	1,5
	Пульпа 80°С	3,47	0	0	18,5	1,8
Северная малютка	Сырье	8,52	13,62	38,7	22,4	3,0
	Пульпа 60°С	1,32	15,74	5,3	22,4	1,3
	Пульпа 80°С	0	2,82	3,7	19,2	1,6

Структурные схемы и технологические линии переработки томатов

На рисунке 1 показана принципиальная схема комплексной переработки томатов.

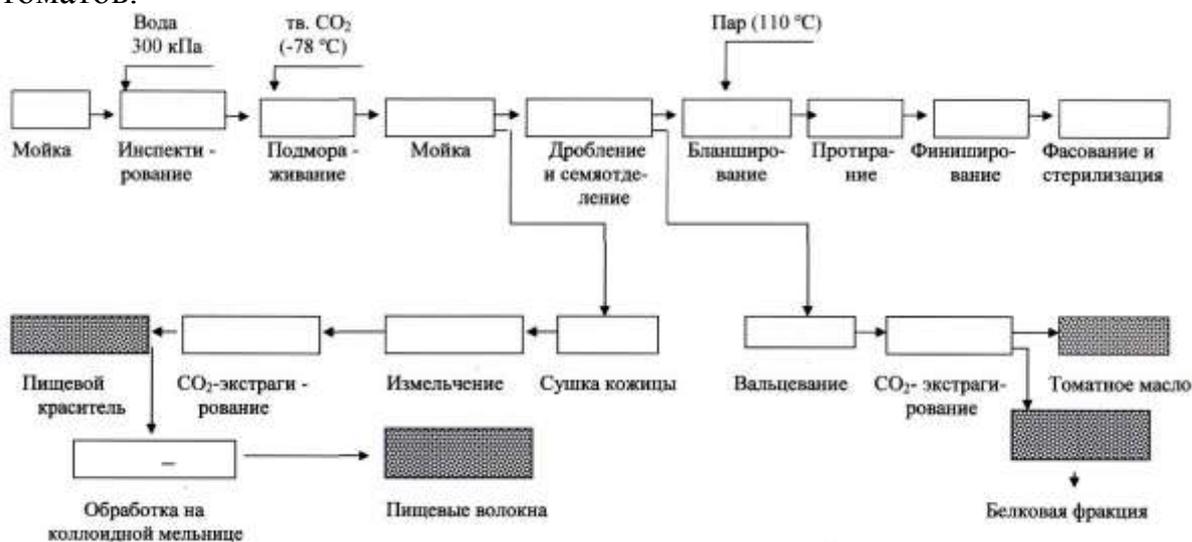


Рис. 1. Принципиальная схема комплексной переработки томатов

Отличительной особенностью схемы является возможность получения разнообразных продуктов из томатного сырья.

Влияние разного режима обработки томатной пульпы на сохраняемость витамина С и каротиноидов было проверено также в заводских условиях при переработке томатов на сок (рисунки 2 и 3).

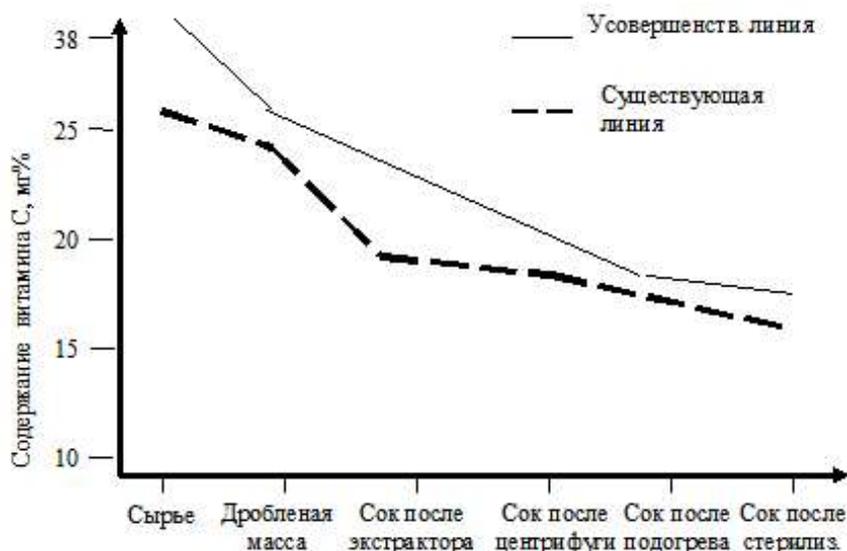


Рис. 2. Зависимость содержания витамина С от режимов тепловой обработки

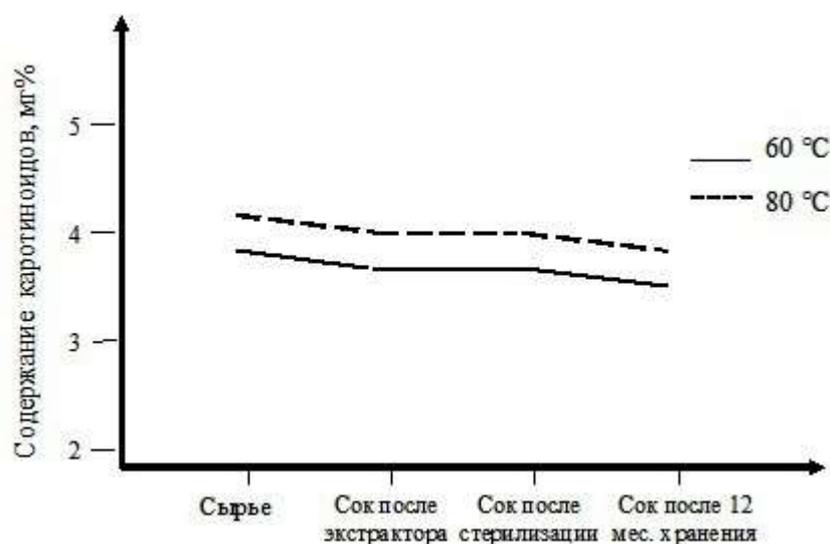


Рис. 3. Изменение содержания каротиноидов в томатных продуктах по стадиям технологического процесса

Как видно из рисунков, содержание витамина С при всех процессах переработки томатов снижается. При дроблении массы без подогрева сохранность витамина С после стерилизации составила 35% от первоначального содержания. Сок после стерилизации, полученный из томатов, нагретых перед отжимом до 60 и 80°, имел одинаковое количество витамина С и каротиноидов.

Сохраняемость витамина С при выработке сока была выше у сорта Снегурочка. У сортов Чудо рынка и Северная малютка витамин С сохранялся хуже.

На рисунке 4 дана схема производства консервированных томатов, а на рисунке 5 показано влияние ультразвука томат-сырье.

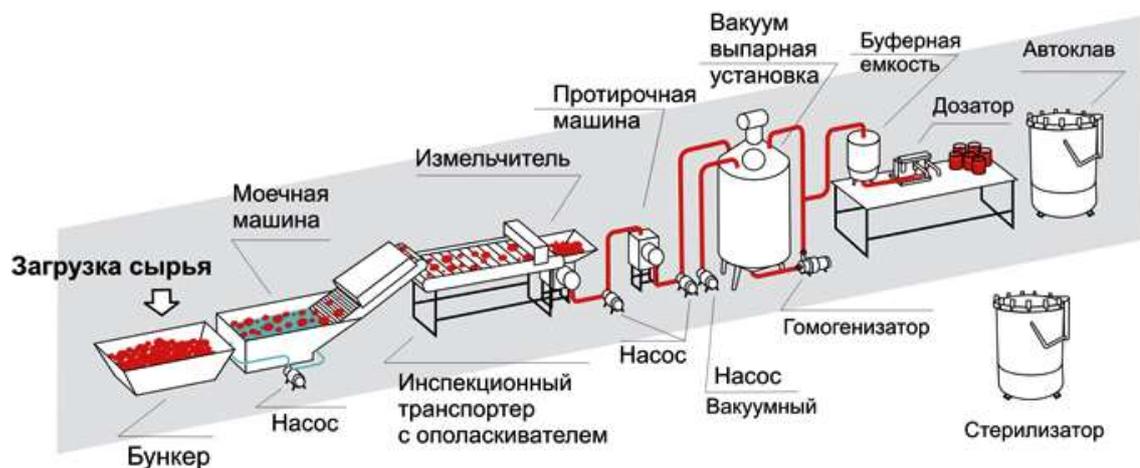


Рис. 4. Аппаратурно-технологическая схема производства консервированных томатов

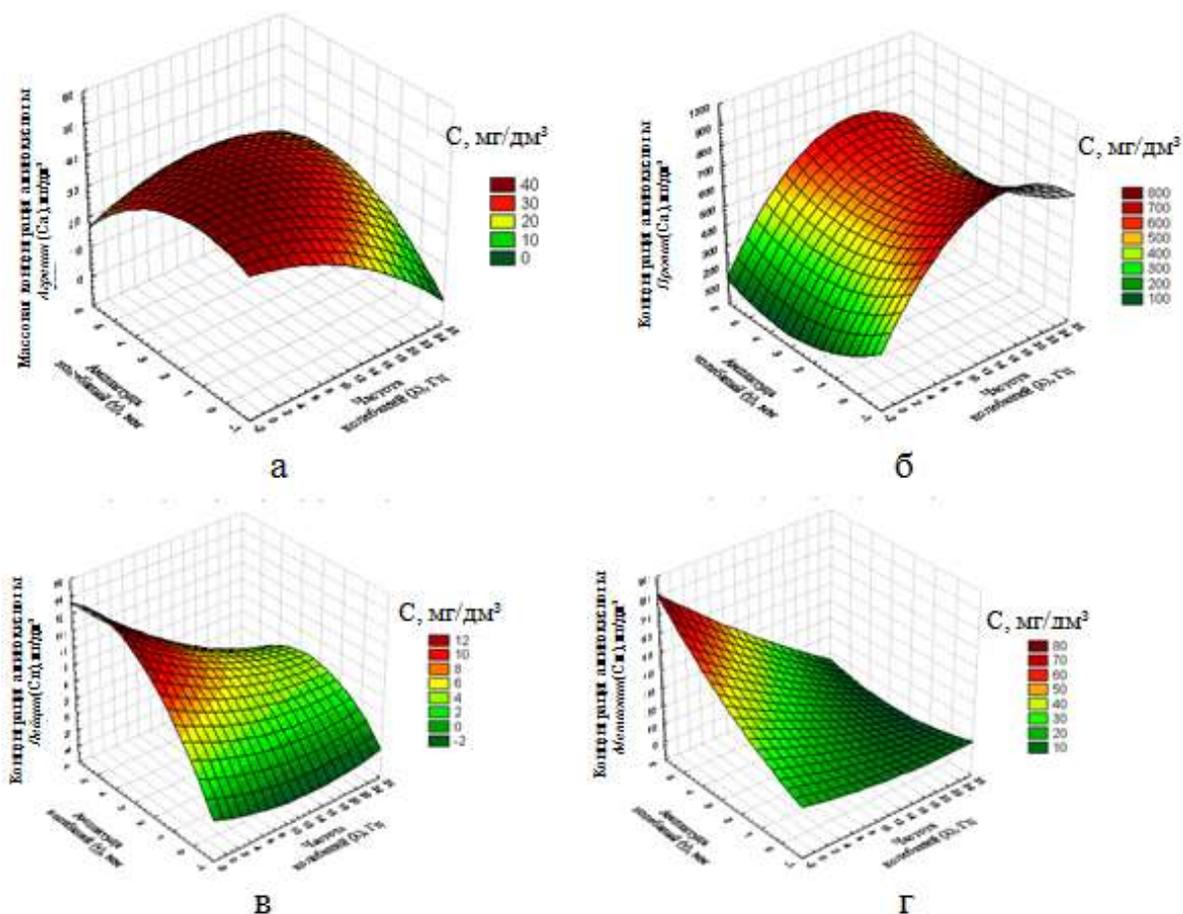


Рис. 5. Влияние параметров (λ и γ) ультразвукового воздействия на томатное сырье.

Технологические режимы должны быть такими, чтобы продукт не аэрировался в процессе производства, и тепловое воздействие было минимальным. Особенно отрицательно на качество сока влияет аэрация, которая наблюдается при дроблении томатов и обработке дробленной томатной массы на протирочных машинах. Поэтому желательно процессы дробления и протирания проводить в атмосфере пара, а в схему производства сока включать деаэрацию сока после экстракции (протирания).

Признаки идентификации сока томатного представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Признаки идентификации томатного сока.

Томатный сок натуральный	1-й сорт	Однородная жидкая масса с равномерно распределенной тонкоизмельченной мякотью	Красный или оранжево-красный, характерный для сока из зрелых томатов	Натуральные, свойственные соку из зрелых томатов, прошедших тепловую обработку Для томатного сока с добавлением поваренной соли - солоноватый вкус	
	Высший сорт				
	Сорт экстра				
Томатный сок консервированный	1-й сорт	Однородная гомогенная масса со взвешенными тонкоизмельченными частицами плодовой мякоти, без темных включений	Красный, различных оттенков, характерный для сока из зрелых томатов	Свойственные соку из томатов, прошедших тепловую обработку, слабее выраженные, с ароматом пряностей или без него, без горечи, пригара. Для концентрированного томатного сока с добавлением соли - слабосоленый вкус	Для высшего и 1-го сортов томатного сока допускается наличие единичных частиц дробленых семян
	Высший сорт	Однородная гомогенная масса со взвешенными тонкоизмельченными частицами плодовой мякоти, без включений и грубых частиц плодов			
Показатели		Внешний вид и консистенция	Цвет	Вкус и запах	

На рисунке 5 показано влияние параметров (λ и γ) ультразвукового

воздействия на томатную пульпу на содержание аминокислот, фенольных и ароматических соединений.

Большой популярностью пользуются томатные соусы и кетчупы. На рисунке 6 приведена аппаратурно-технологическая схема производства томатных соусов.

Рисунок 6 иллюстрирует аппаратно-технологическую схему производства томатных соусов, а рисунок 7 – схему производства сушеных томатов.

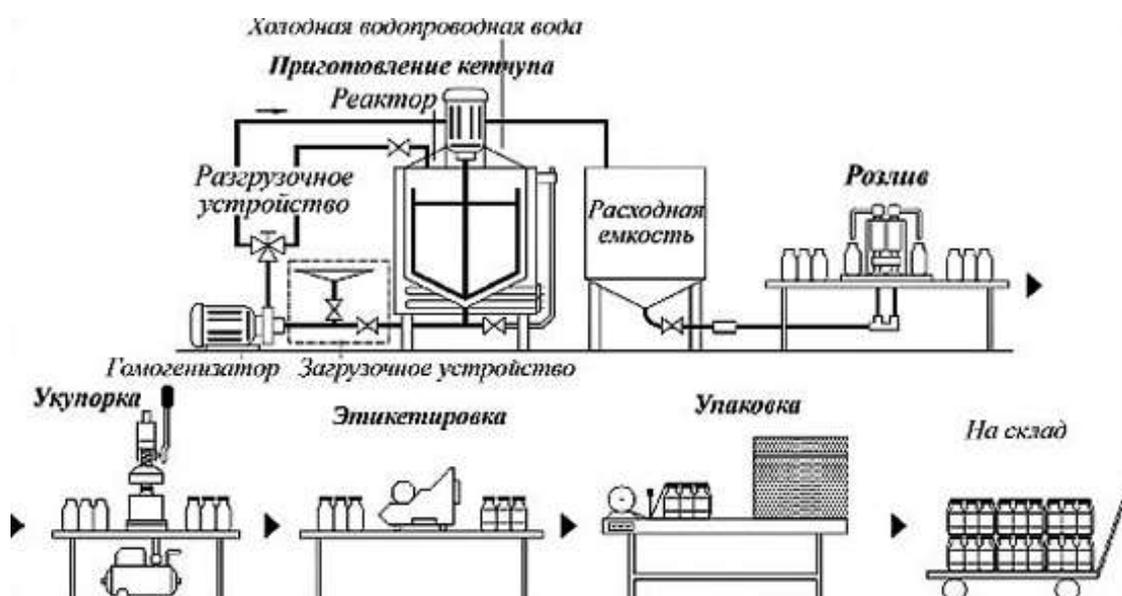


Рис. 6 Аппаратурно-технологическая схема производства томатных соусов



Рисунок 7 – Структурная схема производства сушёных томатов

Линия приготовления и фасовки томатных соусов предназначена для приготовления, фасовки и упаковки соусов в бутылки с винтовыми крышками «твист-офф». Она разделена на участки: подготовки воды, приготовления кетчупа, подготовки тары, розлива, укупорки, этикетировки, контроля и упаковки.

В ДГТУ выполнены исследования по кинетике и моделированию процесса сушки томатов, в задачу которых входила отработка технологии шадящей сушки томатного сырья с максимальным сохранением исходных полезных свойств. Было определено, что кинетика деструкции аскорбиновой кислоты при ступенчатой сушке может быть описана экспоненциальным уравнением. Сушка практически не оказывает влияния на сохранность ликопина. Его потери составляют не более 5% от первоначального содержания при обоих режимах сушки. Кинетика покоричневения при традиционной сушке несколько отличалась от разработанного режима. Первую половину сушки оно развивалось очень незначительно, после чего начинался достаточно интенсивный рост, обусловленный, вероятно, повышением температуры на заключительных этапах сушки и увеличением содержания сухих веществ в продукте.

Оптическая плотность соответствующих экстрактов увеличивается от 0,17 до 0,684 при традиционном режиме сушки и до 0,578 – при ступенчатом. Содержание ОМФ в высушенных томатах при обоих режимах отличалось незначительно: 1,1 и 1,3 мг/100г СВ, соответственно; сушка при постоянной

температуре воздуха ведет к значительному накоплению ОМФ на заключительных этапах сушки, а при ступенчатой сушке его накопление происходило на протяжении всего процесса.

Структурная схема сушки томатного сырья приведена на рисунке 7.

Показанная на рисунке 7 схема сушки томатного сырья, предлагаемая нами, обладает новизной и выгодно отличается от известных способов сушки.

На рисунке 8 приведена схема низкотемпературной сушки томатных выжимок с помощью электромагнитного поля низкой частоты (ЭМП НЧ), позволяющая за короткий срок подготовить высококачественное сырье для длительного хранения или CO_2 -экстракции. Установка состоит из двух, последовательно соединенных сушилок (7), внутри которых находятся фторопластовые пористые транспортерные ленты (8,13).

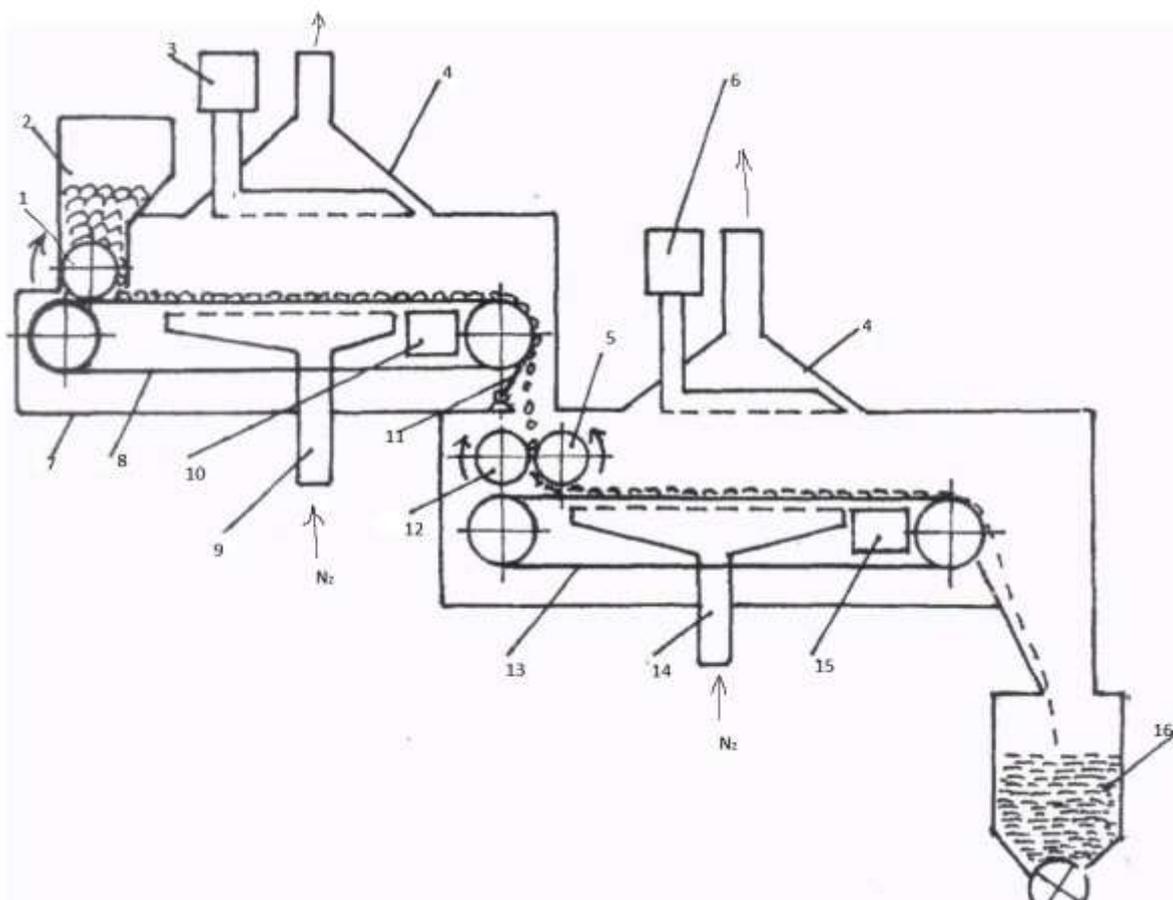


Рис.8. Схема низкотемпературной сушки томатных выжимок с помощью электромагнитного поля низкой частоты (ЭМП НЧ): 1,5,12 – барабанные прессующие вальцы; 2 – загрузочный бункер; 3,6 – генератор ЭМП НЧ; 4–вытяжки; 7 – сушилка; 8,13 – фторопластовые пористые транспортерные

ленты; 9,14 – устройство для обдува горячим азотом; 10,15 – генератор ЭМП СВЧ; 11 – скребок; 16 – приемный бункер

Влажные выжимки из бункера 2 поступают на движущиеся транспортерные ленты 8, 13 и облучаются потоком ЭМП НЧ от генераторов 3,6. Через пористые транспортерные ленты выжимки обдуваются горячим азотом через устройства 9,14. В установке предусмотрена возможность обработки сырья ЭМП СВЧ от генераторов 10,15, которые генерируют электромагнитные волны с частотой колебаний от 300 МГц до 30 ГГц, при длине волны от 1 мм до 1 м. Высушенные выжимки направляются в приемный бункер 16.

В условиях перерабатывающих предприятий нами разработана и апробирована практически безотходная инновационная технология переработки томатов, заключающаяся в получении томатного сока из мякоти, жирного масла и белка семян, пищевого красителя из кожицы.

При этом отходы переработки томатов богаты ценными питательными веществами. Так, свежие томатные выжимки содержат около 32% белка, 30% углеводов. Поэтому их можно использовать для получения кормов для птицы и скота, томатных семян, сушке и извлечения масла.

Технологическая схема производства порошков из различных частей плодов томата показана на рисунке 9.

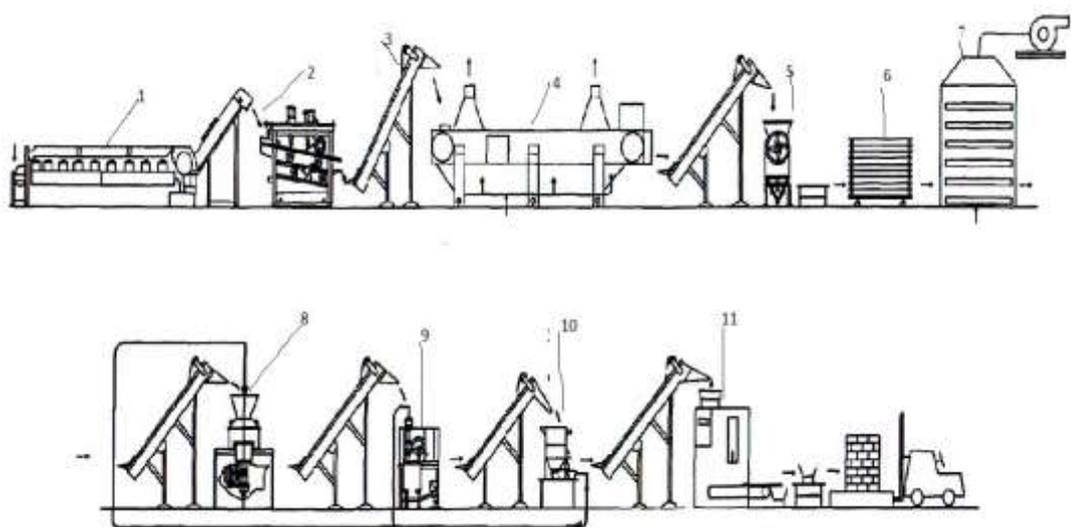


Рис. 9. Технологическая схема производства порошков из мякоти, кожицы и семян томатов: 1 – инспекционный транспортер; 2 – моечная машина; 3 – элеватор; 4 – бланширователь; 5 – протирачная машина; 6 – стеллаж; 7 – электрошкаф; 8, 9 – микромельницы, 10 – вибросито; 11 – фасовочная машина

В таблице 8 даны показатели пищевой ценности сушеных томатов

Таблица 8-Пищевая ценность сушёных томатов

Питательные вещества	Содержание в 100 г
----------------------	--------------------

Углеводы, г	55,8
Белки, г	14,1
Жиры, г	3,0
Витамины, мг	
β –каротин	12,0
Ликопин	63,0
Витамин С	39,2
Фолацин	68,0
Витамин Е	3,0
Тиамин (В ₁)	0,53
Рибофлавин (В ₂)	0,49
Ниацин (В ₃)	9,0
Витамин В ₆	0,33
Пантотеновая кислота	2,1
Минеральные вещества, мг	
Калий	3427
Натрий	115
Фосфор	356
Магний	194
Кальций	110
Железо	9,09
Цинк	2,0
Медь	1,42
Энергетическая ценность, ккал	258

Следует отметить, что используемые способы традиционной сушки овощного сырья приводят к потере значительной части биологически активных веществ [12-14].

Из них наиболее приемлемым, по мнению авторов, является способ импульсной сушки, основанный на периодическом чередовании прогрева овощного сырья с последующей подачей порции инертного газа в сушильную камеру. Этот способ сушки позволяет интенсифицировать процесс обезвоживания томатного сырья.

Методы планирования процесса сушки

Одним из способов определения сорбционно-структурных показателей томатов (например, суммы объема пор и кривых их объемного распределения по радиусам) является адсорбционный, основанный на обработке экспериментальных изотерм процесса сорбции-десорбции. Интерпретация данных позволяет охарактеризовать объект сушки как переходно-пористый с микропорами в объеме 4,3 %; а количество переходных пор до 95,7 %. Для исследования равновесного состояния влаги в образце томатов в диапазоне температур от 0 до 60 °С можно определить зависимость максимального гигроскопического влагосодержания материала от температуры

$$U_{м.г.} = 2,540 - 3,919 \cdot 10^{-2} \cdot t + 6,580 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 6,561 \cdot 10^{-6} \cdot t^3, \quad (1)$$

а также равновесное влагосодержание объекта сушки в зависимости от

температуры и относительной влажности теплоносителя

$$U_p = \frac{a'\varphi^{0,5} + b'\varphi + c'\varphi^{1,5}}{1 + d'\varphi^{0,5} + e'\varphi + (f' + g')\varphi^{1,5}}, \quad (2)$$

где $a', b', c', d', e', f', g'$ – приняты в качестве коэффициентов политерм десорбции, зависящие от температуры.

При этом выявлено, что продолжительность сушки нарезанных томатов составляет 30...90 мин в зависимости от формы и размера нарезки овощного сырья и требуемого остаточного влагосодержания. Применение импульсной сушки позволяет интенсифицировать процесс удаления влаги в 1,3—1,4 раза.

Для определения теплофизических характеристик томатов можно использовать способ комплексной оценки. С помощью обработки экспериментальных данных можно получать следующие корреляционные зависимости тепловых коэффициентов от влагосодержания томатов в интервале температур $1,6 \div 51$ °С и влагосодержаний $U = 0,1025 \div 4,0123$ кг/кг:

Зависимость коэффициента теплопроводности

$$\lambda = 0,06 + 0,01e^{-0,5\left(\frac{U-3,023}{0,134}\right)^2}; \quad (3)$$

коэффициента температуропроводности

$$a = \frac{5,555 - 1,254U^2 + 0,077U^4}{1 - 0,213U^2 + 0,011U^4 + 1,54 \cdot 10^{-4}U^6} \cdot 10^{-8}; \quad (4)$$

коэффициента теплоемкости томатов

$$C = 782,96 + 19,687U \quad (5)$$

Показано, что коэффициенты потенциалопроводности (термин А.Ю. Чайки [15]) образцов томатов с заданным уровнем влажности a_m можно определить, обрабатывая данные кривых сушки. С этой целью образец сырья помещали в пластинчатую кювету высотой 5 мм с сетчатым дном, и подвергали сушке в изотермических условиях при скорости воздушного потока, исключающей внешнее диффузионное сопротивление (14 м/с, $Bi_m \rightarrow \infty$). Коэффициенты потенциалопроводности определялись путем решения нелинейного уравнения:

$$E_{cp} = \frac{U_{cp}(\tau) - U_p}{U_0 - U_p} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\mu_n^2} \exp(-\mu_n^2 Fo_m) \quad (6)$$

относительно критерия Фурье при известных $U_{cp}(\tau)$ и U_p с последующим нахождением a_m . При этом использовались узкие интервалы времени, на которых среднее влагосодержание $U_{cp}(\tau)$ уменьшалось не более чем на 6 % от первоначального U_0 . Обработка экспериментальных данных позволила получить зависимость a_m от влагосодержания и температуры

$$a_m = \frac{5,193 - 8,684 \cdot U + 4,542 \cdot U^2 - 0,7406 \cdot U^3 + 0,1281 \cdot t - 2,309 \cdot 10^{-3} \cdot t^2}{1 - 0,01310 \cdot U - 0,01824 \cdot t} \cdot 10^{-12} \quad (7)$$

при $t = 3 \div 50,8$ °С и $U = 0,4 \div 2,5$ кг/кг.

Коэффициент термодиффузии влаги внутри образца томатов можно определить с помощью политермы десорбции, используя последовательный расчет химического потенциала, влагоемкости материала и температурного

коэффициента химического потенциала. Зависимость относительного коэффициента термодиффузии от влагосодержания и температуры представлена следующей формулой:

$$\delta = -0,01350 + 1,199 \cdot 10^{-3} \cdot (t + 6)^{0,5} + \frac{0,04422 - 1,665 \cdot 10^{-3} \cdot t + 6,604 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 1,226 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 + 7,562 \cdot 10^{-9} \cdot t^4}{1 + \left[\frac{U - (2,540 - 3,919 \cdot 10^{-2} \cdot t + 6,580 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 6,561 \cdot 10^{-6} \cdot t^3)}{1,404 - 0,01427 \cdot t + 1,074 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 1,417 \cdot 10^{-6} \cdot t^3} \right]^2} \quad (8)$$

в интервале температур $t = 0 \div 60$ °С и влагосодержаний $U = 0 \div 3,0$ кг/кг.

Параллельные исследования импульсного и традиционного способов сушки показали возможность повышения скорости сушки с использованием дискретной обработки высушиваемого сырья инертным газом.

На рисунке 10 приведены кривые скорости сушки образцов томатов с различной величиной энергоподвода.

1- 4,0 кВт/м², 2- 3,8 кВт/м², 3- 3,4 кВт/м², 4- 3,0 кВт/м²

Процесс сушки в непрерывном и импульсном режимах воздействия может быть описан математической моделью третьего порядка, состоящей из трех дифференциальных уравнений, как минимум одно из которых является нелинейным.

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial \tau} + w \frac{\partial u}{\partial x} - a_m \left[\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right] &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial \tau} + w \frac{\partial u}{\partial x} + a_m (\theta - t) - \frac{r}{c} \left[\frac{\partial u}{\partial \tau} + w \frac{\partial u}{\partial x} \right] &= 0 \\ w \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{u(w - t)}{x} \frac{\partial u}{\partial \tau} &= 0 \end{aligned}$$

Анализируя результаты экспериментальных исследований сушки томатов и их физико-химических свойств, можно обосновать выбор способа обезвоживания материала с помощью способа импульсной сушки. Отметим, что к оптимальным параметрам процесса импульсной сушки относятся: подготовка нарезанного томатного сырья – ломтиков толщиной 5 мм, четвертинок объемом 3,4 см³, измельченной томатной массы с размером частиц 0,2-0,6 см.; режим сушки определен в интервале от 35 до 65°С и продолжительность процесса 25-65 минут с чередованием режима обычной сушки в течение 10 мин и импульсной обработки инертным газом в течение 5 минут. Однако затраты электроэнергии выше 4,0 кВт/м² значительно повышают себестоимость высушенных образцов томатов, а использование мощности ниже 3,0 кВт/м² увеличивает продолжительность процесса сушки.

Как видно из данных рис. 10 скорость сушки образцов томатов зависит от величины энергоподвода к импульсной сушилке.

В процессе исследования авторами теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования сухого томатного сырья для получения порошкообразных полуфабрикатов.

Подготовлены рекомендации промышленности по снижению себестоимости и повышению пищевой ценности растительно-мясных продуктов питания, за счет применения томатного порошка.

В этом плане с участием авторов запатентован способ производства консервов «Сом обжаренный в томатном соусе» [15].

Рецептурный состав консервов включает СО₂-экстракты перца черного горького, перца душистого, гвоздики, кориандра, лаврового листа и семян томатов. Соотношение компонентов рецептуры приведено в таблице 9.

Таблица 9 – Соотношение компонентов рецептуры консервов «Сом обжаренный в томатном соусе»

№	Компоненты рецептуры	Норма закладки, %
1	Филе сома	50
2	Оливковое масло	5
3	Репчатый лук	7
4	Пшеничная мука	3
5	СО ₂ -шрот семян томатов	7
6	Томатное пюре, в пересчете на 12%-ное содержание сухих веществ	9
7	Биохимический уксус, в пересчете на 80%-ную концентрацию уксусной кислоты	0,7
8	Сахар	1,6
9	Соль	1,2
10	СО ₂ -экстракт перца черного горького	0,02
11	СО ₂ -экстракт перца душистого	0,03
12	СО ₂ -экстракт гвоздики	0,02
13	СО ₂ -экстракт кориандра	0,01
14	СО ₂ -экстракт лаврового листа	0,02
15	СО ₂ -экстракт семян томатов	2,0
16	Вода	до 100 %

В технологическом плане тонкоизмельченный высокобелковый СО₂-шрот семян томатов заливали сатурированной водой, выдерживали для набухания и затем добавляли в соус при перемешивании. Разделанную тушку сома выдерживали в солевом растворе, панировали в пшеничной муке, обжаривали в оливковом масле, фасовали рыбу и соус в банки, закатывали банки и стерилизовали.

Дегустационное совещание кафедры ТПиООП ДГТУ подтвердило высокие органолептические качества консервов, обогащенных продуктами переработки томатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования позволяют утверждать, что плоды томатов, выращенные в предгорной части Дагестана, обладают высокой питательной, вкусовой и диетической ценностью. В них содержится повышенное содержание сахаров – в основном глюкоза и фруктоза, а также пектиновые вещества, витамины, каротин, органические кислоты, минеральные вещества. Необходимо следить, чтобы направляемые для комплексной переработки

томаты были свежими, целыми, чистыми, здоровыми, неповреждёнными вредителями, плотными, не переспелыми. Вкус и запах должны быть свойственные данному ботаническому сорту, без посторонних привкусов.

Процесс выработки томатного сока по усовершенствованной технологии состоит из следующих операций: мойка в бактерицидной среде, инспекция, сортировка, ополаскивание, дробление, семяотделение, подогрев пульпы, отжатие сока, фасовка и стерилизация. При этом в полученном по новой технологии томатном соке содержатся натуральные сахара, такие как фруктоза и глюкоза, органические кислоты – больше всего яблочной, но имеется также лимонная, щавелевая, винная, а в перезревших томатах и янтарная, которая является одной из самых полезных и ценных. Высокое содержание калия делает полезным томатный сок для нормализации в организме обменных процессов, работы нервной системы и профилактики заболеваний сердца.

Выполненное исследование позволяет предложить импульсный способ сушки томатопродуктов как перспективный, позволяющий получать высококачественные, не окисленные порошкообразные полуфабрикаты, с низкой себестоимостью и повышенной пищевой ценностью. Исследование равновесного состояния влаги в образце томатов в широком диапазоне температур от 0 до 60 °С позволило получить зависимость максимального гигроскопического влагосодержания материала от температуры. Установлен также алгоритм оптимизации процесса импульсной сушки томатов способом управляемого режима, с последовательной обработкой сырья в течение 10 мин, а в импульсном режиме – в течение 5 мин. Существенно, что томатное сырье, высушенное способом импульсной сушки, имеет полноценный химический состав и может применяться в составе комбинированных продуктов питания.

Особого внимания заслуживает разработанная авторами технология получения томатного масла, ликопина и белкового наполнителя из вторичных ресурсов томатного производства.

Список литературы

1. Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. М.: КолосС, 2007. – 760с.
2. Аминов М.С, Мурадов М.С, Аминова Э.М. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов. М.: Колос, 1996. – 431 с.
3. Влияние свойств экстрагента на выход красящих веществ из дикорастущего сырья / Мурадов М.С. и др. // Хранение и переработка сельхозсырья, 2001, №9. – С. 26-28.
4. Гореньков Э.С. О научном обеспечении плодоовощной консервной промышленности // Пищевая промышленность. 2004. N 2. – С. 64-67.
5. Елисеева Л.Г., Акишин Д.В., Потапова А.А. Оценка потребительских свойств мелкоплодных сортов томатов с целью расширения ассортимента и повышения конкурентоспособности отечественной консервированной продукции // Товаровед продовольственных товаров. 2010. № 11. – С. 29-34.
6. Личко Н.М. Технология переработки продукции растениеводства. – М.: Колос, 2008. – 616с.
7. Мурадов М.С., Пиняскин В.В., Даудова Т.Н., Абдуллатипова Д.М., Ахмедов М.Э., Рамазанова Л.А. Моделирование процесса экстрагирования красящих веществ из дикорастущего сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. №8. – С. 20-21.
8. Патент РФ № 2130049. МПК С 11 В 1/10. Способ переработки семян томатов и томатных выжимок / Калманович С.А., Мартовщук В.И., Вершинина О.Л. и др. Заявка № 97108301/13. Заявлено 20.05.1997. Опубликовано 10.05.1999.
9. Патент РФ № 2448536 Способ производства томатного сока / Мурадов М.С., Гаджиева А.М. Заявлено 28.12.2009. Опубликовано 27.04.2012.
10. Патент РФ № 2449563 Способ получения концентрированных томатопродуктов / Мурадов М.С., Гаджиева А.М. Заявка: 2010111502/13. Заявлено 25.03.2010. Опубликовано 10.05.2012.
11. Патент РФ № 2449605 Способ стерилизации сока с мякотью и сахаром в металлической таре №13 / Мурадов М.С., Гаджиева А.М. Заявка: 2010118182/13. Заявлено 05.05.2010. Опубликовано 10.05.2012.
12. Касьянов Г.И., Ломачинский В.В. Производство и использование криопорошков из овощей и фруктов // Известия вузов. Пищевая технология, № 2–3, 2010. – С. 64–65.
13. Франко Е.П., Касьянов Г.И. Особенности процесса сушки плодов и овощей // В мире научных открытий, №4, 2010. – С. 176-177.

14. Чайка А.Ю. Совершенствование процесса сушки мицелия в производстве нистатина. Автореф. дис.... к.т.н. Иваново, 2010. – 25с.
15. Патент РФ №2517930 Способ производства консервов "Сом обжаренный в томатном соусе".

Spisokliteratury

1. Amines M.S, Muradov M.S, is aminic E.M. Processes and the apparatuses for food productions. M.: Ear, 1999.
2. Amines M.S, Muradov M.S, is aminic E.M. Technological equipment of canning and vegetable-drying plants. - M.: Ear, 1996. 431 s.
3. Influence of the properties of extractant on the output of the coloring substances from the wild raw material of/Muradov Of m.S.i of others // storage and processing selkhozsyrya. 2001. №9. S. 26-28.
4. Gorenkov binding energies. On the scientific guarantee of fruit and vegetables canning industry // food industry. 2004. N 2. S. 64-67.
5. Eliseeva L.G. Estimation of the consumer properties of the small-fruited types of tomatoes for the purpose of the expansion of assortment and increase in the competitive ability of the domestic konservirovannoy production / L.G. Eliseeva, D.V. Akishin, A.A. Potapov // the commodity expert of food goods. 2010. № 11. S. 29-34.
6. Lichko N.M. Technology of processing the production of plant growing. – M.: Colossus, 2008. 616s.
7. Muradov M.S., Pinyaskin V.V. , Daudova T.N., Abdullatipova D.M., Akhmedov M.E., Ramazanova L.A. Simulation of the process of extracting the coloring substances from the wild raw material. // storage and processing selkhozsyrya. 2001. №8. S. 20-21.
8. Patent RF № 2130049. MPK C 11 B 1/10. Method of processing the seeds of tomatoes and tomato refuse / Of kalmanovich S.A., Martovshchuk V.I., Vershinina O.L. and other Claim № 97108301/13. It is declared 20.05.1997. It is published 10.05.1999.
9. Patent RF № 2448536 the method of the production of the tomato juice / Of muradov M.S., Gadzhieva A.M. 28.12.2009 27.04.2012.
10. Patent RF № 2449563 the method of obtaining concentrated tomatoproduktov / Of muradov M.S., Gadzhieva A.M. Claim: 2010111502/13. It is declared 25.03.2010. Opublikovano 10.05.2012.
11. Patent RF № 2449605 the method of the sterilization of juice with the pulp and the sugar in the metallic container №13 / Of muradov M.S., Gadzhieva A.M. Claim: 2010118182/13. It is declared 05.05.2010. Opublikovano 10.05.2012.
12. Cassians G.I., Lomachinskiy of explosives. Production and the use of cryo-powders from the vegetables and the fruits Proceedings of VUZ

(Institute of Higher Education). Food technology, № 2–3, 2010. S. 64–65.

13. Franco E.P., the Cassians G.I. Special features of the process of the drying of fruits and vegetables. // in the world scientific discoveries, №4, 2010. S. 176-177.
14. Chaika A.YU. Improvement of the process of the drying of the mycelium in the production of nystatin. Specialty 05.17.08.- processes and the apparatuses of the chemical technology. Author's Abst. dis. k. Vol. n of Ivanovo, 2010. 25s.
15. Patent RF № 2517930 the method of the production of the canned foods “of somata browned in the tomato sauce”