

Двтор едз.

ЛЗУ

Министерство высшего и среднего специального образования УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

АСПИРАНТ
ЛЕВИЦКИЙ ЕВГЕНИЙ АФАНАСЬЕВИЧ

**ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ
И НЕРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ ТОМАТОВ
НА КАЧЕСТВО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ТОМАТНОЙ ПАСТЫ**

(Специальность 05.18.13—технология консервирования
пищевых продуктов)

Диссертация написана на русском языке

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

ОДЕССА—1975

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. Ломоносова.

На правах рукописи

Аспирант

Левицкий Евгений Афанасьевич

ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ И НЕРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ ТОМАТОВ
НА КАЧЕСТВО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОМАТНОЙ ПАСТЫ.

(Специальность 05. 18. 13 - технология
консервирования пищевых продуктов).

Диссертация написана на русском языке.

Дереуцет 1988
А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук.

Одесса - 1978

ОНАХТ

29.06.12

Влияние водораствори



v012468

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШ-
ЛЕННОСТИ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА
Б И Б Л И О Т Е К А

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова (кафедра биохимии и микробиологии), на Херсонском ордена Ленина консервном комбинате и координировалась с Всесоюзным проектно-конструкторским и научно-исследовательским институтом ПИЩЕПРОМАВТОМАТИКА.

Научные руководители:

доктор технических наук, профессор А.Т. Марх;
кандидат технических наук, доцент Л.А. Бонева.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук В.И. Рогачёв ;
доктор технических наук, профессор А.Ф. Сан-Днг.

Ведущее предприятие - Херсонский ордена Ленина консервный комбинат.

Защита диссертации состоится "28" февраля 1975 года на заседании Учёного Совета Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова (г. Одесса, улица Свердлова, 112).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направлять в Совет института по адресу: 270039, г. Одесса, ГСП, Свердлова 112, ОТИП им. Ломоносова.

Учёный секретарь Совета
кандидат технических наук

Л. Запорожец.

Актуальность работы. Увеличение производства концентрированных томатопродуктов, максимальное сохранение пищевой ценности перерабатываемого сырья требует дальнейшего детального изучения влияния водорастворимых и нерастворимых веществ томатов на качество и реологические свойства томатной пасты.

Актуальность работы определяется необходимостью решения таких важнейших проблем консервной промышленности, как машинная уборка урожая томатов в сырьевых зонах консервных заводов и возможность производства концентрированных томатопродуктов из томатов, предназначенных для машинной уборки.

Цель работы заключается в изучении химического состава томатной пасты и томатов промышленных сортов, выращиваемых для производства концентрированных томатопродуктов, а также томатов, отвечающих требованиям разовой машинной уборки урожая; исследовании физико-механических (реологических) свойств томатопродуктов и влияния этих свойств на процесс концентрирования и качество готового продукта.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что в ней впервые при исследовании качества и реологических свойств томатной пасты вводится показатель соотношения водорастворимых и нерастворимых сухих веществ P/HP , показано его влияние на производительность вакуум-выпарной установки и качество готового продукта.

Практическая ценность заключается в том, что проведенные исследования указывают новые, конкретные пути решения таких важных вопросов, как подбор сортов томатов для производства концентрированных томатопродуктов, переработка томатов с повышенным содержанием мякоти на томат-пасту, повышение эффективности производства и получение продукта высокого качества.

Апробация диссертационной работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на:

1. в заседаниях техсовета Херсонского производственного объединения консервной промышленности в 1969 и 1970 гг;
2. XXXI научной конференции Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова (ОТИП), посвященной 100-летию со дня рождения В.И. Ленина, г. Одесса, февраль - апрель 1970 г;
3. XXXII научной конференции ОТИП, г. Одесса, март - апрель 1971 г
4. XXXIII научной конференции ОТИП, г. Одесса, октябрь - ноябрь 1972 г;
5. I конференции молодых биологов и медиков, г. Одесса, 25 - 27 ноября 1971 г;
6. научно-технической конференции "Молодые учёные и специалисты - научно-техническому прогрессу области", Одесское отделение института экономики АН УССР, 1972 г;
7. XXXIV научной конференции ОТИП, г. Одесса, 1974 г;
8. научной конференции "Молодые учёные города Одессы - сельскохозяйственному производству", г. Одесса, 1974 г;
9. общесоюзном семинаре "Теория и практика применения электрофизических методов в пищевых отраслях промышленности", Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, 1974 г.
10. кафедре биохимии и микробиологии Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части (4 главы), выводов, списка использованной литературы, включающего 175 наименований на русском и 27 на иностранных языках, приложений. Работа представлена на 185 страницах машинописного текста, содержит 37 таблиц и 19 рисунков.

В В Е Д Е Н И Е .

Претворяя в жизнь решения XXIV съезда КПСС, советский народ добивается новых побед в создании материально-технической базы коммунизма. В течение трёх предстоящих пятилеток мы должны добиться полного изобилия высококачественных продуктов питания.

В консервной промышленности производство томатной пасты занимает одно из ведущих мест, а машинная уборка томатов в сырьевых зонах консервных заводов является одной из важнейших проблем.

Переработка томатов сопровождается сложными физико-химическими, химическими и механическими процессами, изучение которых позволяет организовать эффективный и объективный контроль и управление технологическим циклом производства. Качество томатной пасты и её реологические свойства (вязкость, предельное напряжение сдвига) зависят от состава сырья, поступающего на переработку.

Сухие вещества плодов томатов состоят из растворимых в воде веществ (Р) и нерастворимых (НР). В процессе производства концентрированных томатпродуктов часть нерастворимых веществ плодов — семена, кожица и сосудистые волокна, не представляющие непосредственной ценности для получения томатной пасты, удаляется, происходит перераспределение растворимых и нерастворимых веществ, меняется их соотношение (Р/НР). Поступая в качестве неперемешанного компонента в состав пульпы, а затем томат-пасты, мякоть обуславливает реологические свойства томатной массы. Положительное влияние на процесс получения высококачественной томат-пасты мякоть томатов оказывает лишь в том случае, если количество её в пульпе не будет превышать определённого предела.

Соотношение растворимых и нерастворимых сухих веществ после протирочных машин почти не изменяется — по мере выпаривания воды соотношение концентраций растворимых веществ и нерастворимых остаётся без изменения. Показателем Р/НР можно управлять в процессе производства — при формировании томатной пульпы (а.с. № 248482) или частичным отделением мякоти центрифугированием.

Наличие мякоти в пульпе имеет существенное значение в процессе концентрирования. По мере выпаривания воды остающаяся мякоть увеличивает вязкость. Повышение вязкости является основной причиной снижения теплопередачи в выпарных аппаратах, образовании нагара, увеличения продолжительности концентрирования томатной массы и ухудшения качества продукта. Поэтому для производства концентрированных томатпродуктов выращивают томаты с высоким содержанием растворимых сухих веществ и низким содержанием мякоти. Эти сорта томатов по физико-механическим свойствам плодов не отвечают требованиям для убор-

ки комбайнами. Выведенные же селекционерами сорта томатов для машинной уборки отличаются высоким содержанием мякоти и непригодны для производства томатной пасты.

В связи с вышеизложенным была поставлена задача изучить влияние водорастворимых и нерастворимых веществ томатов на качество и реологические свойства томатной пасты. Для этого было намечено провести химико-техническую оценку плодов томатов промышленных сортов, выращиваемых для производства томатной пасты, а также томатов, отвечающих требованиям машинной уборки урожая. Учитывая, что характерной особенностью томатной пасты является её высокая гидрофильность, была поставлена задача исследовать химический состав мякоти томатов и томатопродуктов, а именно, установить содержание клетчатки, пектиновых веществ, лигнина, пентозанов, азотистых и минеральных веществ.

Анализ литературных данных и предварительные исследования, проведенные на кафедре биохимии и микробиологии ОТИП им. М.В. Ломоносова, дали основание считать, что показатель R/HP может являться таким же определяющим фактором реологических свойств томатной пасты, как концентрация растворимых сухих веществ, температура, скорость деформации и поэтому было намечено провести исследование вязкости томатопродуктов при различном соотношении водорастворимых и нерастворимых веществ и установить, как влияет этот показатель на работу вакуум-выпарной установки (ВВУ), на её производительность.

Концентрирование томатной массы производится при различной температуре, продолжительность тепловой обработки зависит от эффективности использования выпарных аппаратов. В связи с этим была поставлена задача исследовать изменение качества томатной пасты при различной температуре кипения и производительности ВВУ.

При выполнении поставленной задачи возникла необходимость исследовать также и такие физические свойства томатопродуктов, как плотность и электропроводность.

Экспериментальная часть.

Организация работы и методы исследования.

Для изучения динамики изменения состава плодов и химического состава мякоти было проведено исследование плодов томатов промышленных

сортов, выращиваемых в сырьевой зоне Херсонского консервного комбината, и рядового сырья, поступающего на переработку в томатный цех. Здесь же, в томатном цехе Херсонского консервного комбината, были проведены исследования влияния водорастворимых и нерастворимых веществ томатов на качество и реологические свойства томатной пасты при концентрировании томатной массы на вакуум-выпарной установке линии "Единство 200". Для исследования химического состава мякоти и изучения физических и реологических свойств томатопродуктов были использованы также образцы томатной пасты, выработанной на Одесском и Чьмаильском консервных комбинатах.

Исследование реологических свойств сочетали с определением физико-химических показателей и анализом химического состава продукта. Отобранные образцы характеризовали содержанием водорастворимых сухих веществ, показателем соотношения растворимых и нерастворимых сухих веществ (Р/НР), составом мякоти по шести показателям - содержанием клетчатки, протопектина, пентозанов, лигнина, белковых веществ и общего количества её минеральных составных частей (зола).

Содержание водорастворимых сухих веществ в пульпе, полупродуктах производства и томатной пасте определялось рефрактометром РПД-3. Общее количество нерастворимых сухих веществ определялось весовым методом. При исследовании химического состава мякоть плодов томатов и томатопродуктов предварительно отмывали водой от растворимых веществ. Содержание клетчатки определяли в соответствии с унифицированными методами исследования качества консервов. Для определения лигнина применяли метод с 72%-ной серной кислотой в модификации Комарова, содержание пентозанов определяли флороглициновым методом.

Для определения протопектина в отмытой мякоти (после гидролиза) пользовались Са-пектатным методом определения пектиновых веществ.

Количество белковых веществ, составляющих основную азотистую часть мякоти, определяли по общему количеству азота (способ Кьельдаля). Содержание в томатной плазме (центрифугате) веществ, осаждаемых спирто-эфирной смесью, определяли по Думанскому А.В.

При исследовании качества томатопродуктов в производственных условиях содержание аскорбиновой кислоты определяли ускоренным методом - непосредственным титрованием вытяжки в кислой среде 2,6-дихлорфенолиндофенолом. Учитывая, что основные процессы меланоидинообразования протекают в жидкой фазе томатопродуктов, для контроля интенсивности меланоидинообразования определяли показатель оптической плотности жидкой фазы исследуемых образцов на фотоэлектроколориметре при светофильтре с длиной волны 365 нм и кювете с расстоянием между рабочими гранями 10 мм.

Исследование плодов томатов промышленных сортов.

Сырьевая зона Херсонского консервного комбината расположена на территории семи районов, средний радиус доставки сырья до 50 км. Комбинат выращивает в своей зоне следующие сорта томатов: Советский 679, Маяк 12/20-4, Киевский 139, Колхозный 34, Новинка Приднестровья. (Томаты сорта Новинка Приднестровья удовлетворяют требованиям уборки комбайном). Отбор томатов для исследования производился в совхозе "Овощной" Днепропетровского района (пункт первичной переработки томатов "Солнечное"). В отобранных средних пробах томатов проводился химико-технический анализ по процентному содержанию кожицы, семян, сосудистых волокон и мякоти. В соке после протираля и отделения мякоти определялось содержание растворимых сухих веществ, содержание веществ, осаждаемых спирто-эфирной смесью, pH и оптическая плотность. В мякоти определяли волю, протопектин, клетчатку, пентозаны, лигнин и белковые вещества. Кроме перечисленных показателей в томатах определяли содержание витамина С. Исследования проводились в течение трёх сезонов переработки томатов (1969-1971 гг), отбор проб производился в начале, середине и в конце каждого сезона. В таблицах № 1,2 представлены средние арифметические результатов анализов.

Концентрация растворимых сухих веществ в плодах исследуемых сортов варьировала в пределах от 4,6 до 7,2%, а нерастворимых - от 1,48 до 2,73. Соотношение растворимых и нерастворимых сухих веществ составляло от 1,8 до 4,5. У высококачественных томатов сортов Советский 679, Киевский 139, Колхозный 34, выращиваемых для производства томатной пасты, соотношение Р/НР было на уровне 3,5 - 4. У плодов сорта Новинка Приднестровья, выращиваемых для производства цельноконсервированных томатов, соотношение Р/НР составляло 1,8 - 3,0.

По содержанию сосудистых волокон и мякоти томаты сорта Новинка Приднестровья значительно отличаются от остальных сортов. Мякоть обуславливает механические свойства плодов, имеющие важное значение при машинной уборке урожая - устойчивость к динамическим и статическим нагрузкам, минимальную растрескиваемость, транспортабельность.

На показатель соотношения растворимых и нерастворимых сухих веществ в плодах наибольшее влияние (по абсолютной величине) оказывает содержание мякоти. Учитывая, что при протирании плодов в пульпу переходит значительная часть мякоти и лишь частично сосудистые волокна, при химико-технической оценке томатов количественное содержание мякоти приобретает особое значение. Поскольку мякоть обуславливает реологические свойства концентрируемой пюреобразной томатной массы, содержание её в плодах, поступающих на переработку, должно

Таблица № 1

Экспериментальные данные химико-технического анализа томатов промышленных сортов.

№ п/п	Сорта томатов Показатели	Советский 679	Киевский 132	Колхозный 34	Новинка Приднестровья
ПОКАЗАТЕЛИ СОКА:					
1	Растворимые сухие вещества (Р), %	6,1	6,0	5,9	5,9
2	Оптическая плотность	1,02	1,08	1,09	1,07
3	Вещества, осаждаемые спирто-эфирной смесью, %	0,71	0,78	0,64	0,70
4	рН	4,1	4,2	4,1	4,3
ПОКАЗАТЕЛИ НЕРАСТВОРИ-					
МЫХ ВЕЩЕСТВ (НР), %:					
5	Кожца	0,40	0,45	0,44	0,52
6	Семена	0,44	0,39	0,42	0,42
7	Сосудистые волокна	0,12	0,14	0,12	0,16
8	Мякоть	0,72	0,77	0,82	1,10
9	Нерастворимые вещества (общее количество), %	1,68	1,75	1,80	2,22
10	Соотношение Р/НР плодов	3,6	3,4	3,3	2,6
11	Витамин С, мг/100г	22,8	18,1	19,2	16,3

быть оптимальным. Для производства концентрированных томатопродуктов по многолетним исследованиям нашей кафедры можно рекомендовать такие сорта томатов, плоды которых имеют соотношение Р/НР выше 3.

На вязкость и гидрофильность томатной пасты оказывают влияние и вещества, осаждаемые спирто-эфирной смесью. Содержание этих веществ в плазме томатов исследуемых сортов, получаемой при отделении мякоти центрифугированием, находилось в пределах от 0,57 до 0,86%.

Показатель оптической плотности жидкой фазы плодов для всех сортов томатов находился в пределах 0,9 - 1,3 единицы. Величина рН в томатах сорта Советский 679 несколько ниже, чем в томатах сортов Киевский 139 и Новинка Приднестровья, и составляла 4,0 - 4,2.

Содержание витамина С наиболее высокое наблюдалось в томатах сорта Советский 679 - 22,8 мг на 100 г массы плода, несколько ниже - в томатах сортов Колхозный 34 и Киевский 139. Наиболее низкое содержание витамина С отмечено для сорта Новинка Приднестровья, пределы изменения - от 10,2 до 22,4 мг на 100 г.

Таблица № 2.

Химический состав мякоти томатов промышленных сортов.

№ п/п	Сорта томатов Показатели	Совет-	Киевский	Колхозный	Новинка
		ский 679	139	34	Приднестровья
	СОСТАВ МЯКОТИ, (%):				
1	Клетчатка	24,3	28,6	28,5	30,3
2	Протопектин	10,5	10,9	10,6	11,8
3	Пентозаны	15,8	14,6	14,3	12,2
4	Лигнин	20,1	20,9	20,0	22,3
5	Азотистые вещества (общий азот x 6,25)	22,3	19,3	20,4	18,2
6	Зола	4,0	3,8	3,9	4,1

Основным компонентом мякоти томатов является клетчатка (целлюлоза). Содержание клетчатки (в % к весу отмытой мякоти) составляло от 21 до 34%. В конце сезона содержание клетчатки возрастало до 40% и более. Содержание клетчатки в мякоти зависит от сорта томатов. Наибольшая доля приходится на клетчатку в томатах сорта Новинка Приднестровья, наименьшая - Советский 679. Если учесть, что в плодах сорта Новинка Приднестровья мякоти значительно больше, нежели в других сортах, то общее количество клетчатки в томатах этого сорта является наиболее высоким.

Содержание протопектина в мякоти томатов варьирует в пределах 8 - 13%, несколько выше (9 - 14%) в плодах сорта Новинка Приднестровья.

Пентозаны и лигнин в мякоти томатов содержатся в значительном количестве. Они образуют аморфное вещество, которое как бы окутывает целлюлозные нити и придают прочность клеточным стенкам. Содержание пентозанов варьирует в пределах от 9 до 19%, лигнина - от 16 до 26%.

Азотистые вещества отмытой мякоти томатов в некоторой мере отражают количество белковых веществ. Содержание азотистых веществ, рассчитанное по общему азоту, варьирует в пределах от 15 до 24%. Среднее содержание азотистых веществ в мякоти томатов сорта Новинка Приднестровья составляет 18,2%, в мякоти плодов других исследуемых сортов содержание азотистых веществ выше.

Общее количество минеральной составной части (зола) в отмытой мякоти плодов варьирует в пределах 3 - 5%.

Проведенные исследования показали, что по химико-техническим показателям томаты промышленных сортов Советский 679, Киевский 139 и Колхозный 34 отличаются от томатов сорта Новинка Приднестровья более низким содержанием мякоти. Высокие физико-механические свойства томатов сорта Новинка Приднестровья обусловлены не только повышенным содержанием мякоти, но и различным соотношением входящих в её состав компонентов. Наибольшая часть мякоти в томатах сорта Новинка Приднестровья приходится на долю клетчатки, протопектина и лигнина.

Исследование химического состава мякоти томатной пасты.

При исследовании химического состава мякоти томатной пасты определяли её влажность и рассчитывали показатель Р/НР, характеризующий данный образец. Содержание золы, клетчатки, протопектина, пентозанов, лигнина, азотистых веществ и золы пересчитывалось в процентах к весу мякоти.

Таблица № 3.

Химический состав мякоти томатной пасты, выработанной из сортового сырья.

№ п/п	Показатели	Сорта томатов		
		Советский 679	Киевский 139	Колхозный 34
	Р/НР	9,1	8,4	8,1
	СОСТАВ МЯКОТИ (%):			
1	Клетчатка	26,2	28,4	28,7
2	Протопектин	8,2	8,4	8,8
3	Пентозаны	15,1	14,6	13,8
4	Лигнин	19,8	21,6	20,4
5	Азотистые вещества (общий азот x 6,25)	22,8	19,7	20,6
6	Зола	3,9	3,8	4,2

В таблице № 3 представлены экспериментальные данные химического состава нерастворимых веществ томатной пасты, выработанной из сортового сырья на Херсонском консервном комбинате. Проведенные исследования показали, что химический состав мякоти томатов, поступающих на переработку, претерпевает изменения. Наибольшим изменениям подвергается протопектин мякоти за счёт частичного перехода в водорастворимый пектин при тепловой обработке (см. таблицы №№ 2,3).

В таблице № 4 представлены средние арифметические результатов анализов томатной пасты, выработанной на Херсонском, Одесском и Ивмаильском консервных комбинатах из рядового сырья. Поскольку определяемые компоненты мякоти не охватывают её полного состава, сумма полученных данных по каждому образцу в отдельности составляла менее 100%. Однако при сравнении разных образцов выявились определённые пределы изменения каждого компонента в отдельности. Образцы томатной пасты для исследования отбирались выборочно в разные сроки сезона в течение трёх лет. На Херсонском консервном комбинате исследования проводились регулярно через 2 - 3 суток на протяжении всего сезона переработки томатов.

Таблица № 4.

Химический состав мякоти томатной пасты, выработанной из рядового сырья.

№ п/п	Показатели	Херсонский консервный комбинат	Одесский консервный комбинат	Ивмаильский консервный комбинат
	Р/НР	5,5	8,3	7,9
	СОСТАВ МЯКОТИ (%):			
1	Клетчатка	28,6	29,8	29,3
2	Протопектин	9,2	9,8	9,8
3	Пентозаны	13,7	13,0	12,1
4	Лигнин	20,7	19,2	20,2
5	Азотистые вещества (общий азот x 6,25)	19,8	20,2	19,7
6	Зола	4,1	3,9	4,3

Согласно полученным данным содержание мякоти в томатной пасте изменяется в пределах от 2,7 до 5,3% и преимущественно составляет 3,3 - 3,7%. Соответственно показатель Р/НР изменяется от 11,1 до 5,5 и в большинстве исследованных образцах составляет 8 - 9. Мякоть обуславливает консистенцию продукта и определяет его реологические свойства.

Основным компонентом мякоти томатной пасты, как и в плодах, является клетчатка. Содержание клетчатки в мякоти томатной пасты из-

меняется от 23 до 34%, преобладает 28 - 30%. Структура мякоти, ее высокая водопоглотительная способность, рыхлость и удельная поверхность обуславливаются количественным содержанием клетчатки. Содержание клетчатки в мякоти томатной пасты зависит как от сорта, условий произрастания, так и от периода переработки томатов. В конце сезона наблюдается общая тенденция увеличения процентного содержания клетчатки в мякоти томатной пасты до 40 - 44%.

Содержание протопектина в мякоти томатной пасты изменяется от 7 до 12% и в среднем составляет 9 - 10%. Протопектин повышает водопоглотительную способность мякоти и вязкость томатной пасты.

Содержание пентозанов в мякоти составляет в среднем 12 - 14%, пределы изменения содержания пентозанов - 9-18%. Так же, как и протопектин, пентозаны оказывают значительное влияние на свойства мякоти. Обладая высокой способностью к набуханию, они дают студнеобразные структуры и обуславливают тиксотропные свойства томатной массы.

Содержание лигнина в мякоти томатной пасты изменяется в пределах от 15 до 25%, в среднем составляет 19 - 20%.

Содержание азотистых веществ, определяемое по общему азоту, также изменяется в значительных пределах - от 16 до 24%, в большинстве исследованных образцах томатной пасты содержание азотистых веществ составляло 19 - 20% к весу сухой мякоти. Высокая гидрофильность, прочность, упругость и эластичность белков способствует образованию определенной структуры концентрированных томатопродуктов.

Общее количество минеральной составной части отмытой мякоти в среднем составляло 4%, пределы изменения содержания - от 3 до 5%.

На реологические свойства томатной массы оказывают влияние также вещества, осаждаемые спирто-эфирной смесью, которые при центрифугировании остаются в плазме. Выборочное определение содержания этих веществ в плазме показало, что их количество составляет 2 - 4%.

Таким образом, полученные данные по химическому составу мякоти томатов и томатной пасты свидетельствуют о том, что клетчатка является основным компонентом мякоти и, следовательно, в наибольшей степени обуславливает реологические свойства томатной массы при концентрировании. Компоненты мякоти, как каждый в отдельности, так и в сумме, определяют физико-механические свойства томатной пасты. В клеточных стенках растительной ткани клетчатка тесно связана с лигнином, гемицеллюлозами, экстрактивными веществами и поэтому при реологических исследованиях компоненты мякоти целесообразно рассматривать в комплексе, т.е. как один показатель - нерастворимые вещества (НР).

Исследование реологических свойств томатопродуктов.

Для исследования реологических свойств были использованы образцы томатопродуктов Херсонского, Одесского и Измаильского консервных комбинатов. Реологические свойства томатной пудры и полууваренной томатной массы с содержанием растворимых сухих веществ до 10-15% (в зависимости от соотношения растворимых и нерастворимых сухих веществ) изучали на экспериментальной установке, в основу которой был положен принцип вискозиметра с горизонтальным капилляром (рис. 1).

Размер вискозиметра были подобран с таким расчётом, чтобы соблюдался ламинарный режим течения в капилляре, время измерения укладывалось в допустимых пределах и влияние на жидкость побочных, неучитываемых воздействий сводилось бы к минимуму. В связи с тем, что томатопродукты содержат частицы грубой дисперсности, которые могут засорять узкую трубку вискозиметра, в приборе были использованы трубки радиусом от 0,150 до 0,265 см. Радиус и длина капилляра связаны с вязкостью испытуемой жидкости; длина трубок, используемых в вискозиметре, была подобрана в пределах от 65 до 112 см; ёмкость вертикальных цилиндров - по 400 мл. Давление и вакуум в системе создавали соответственно с помощью баллона со сжатым воздухом и вакуум-насоса, подключённым к моноσταтам. В качестве моноσταтов использова-

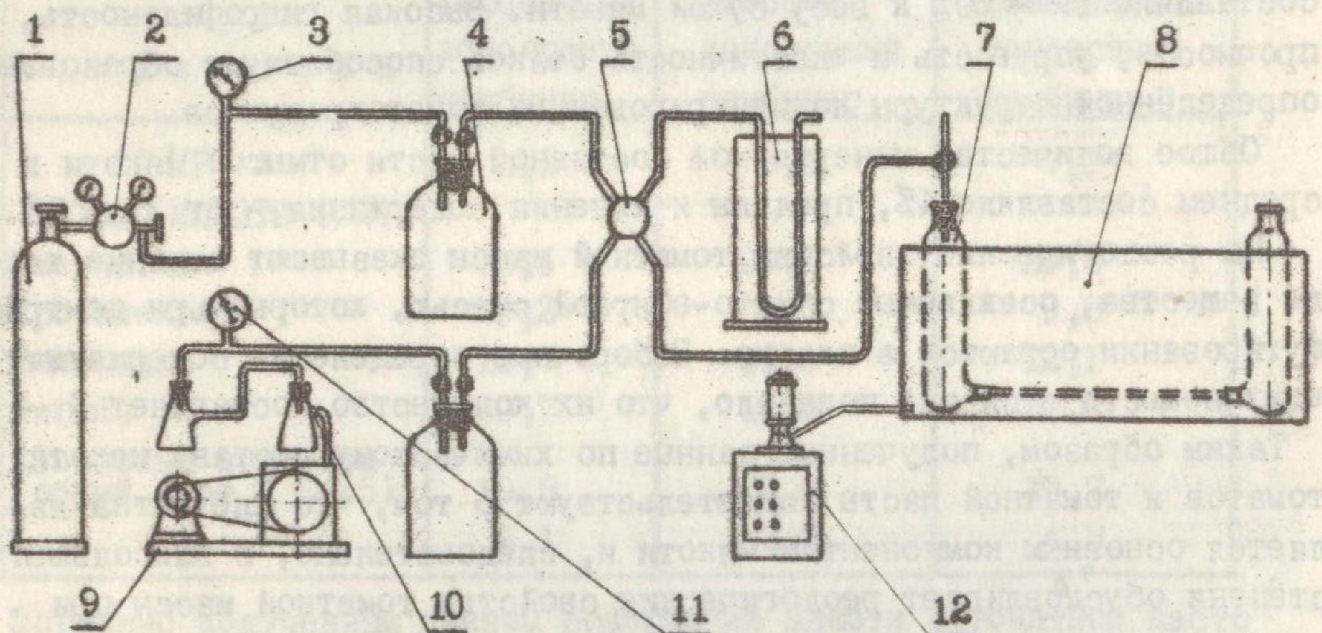


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для измерения вязкости томатопродуктов.

- 1- Баллон для сжатого воздуха; 2- редуктор; 3- манометр; 4- моноста́т; 5- коллектор; 6- U-образная трубка; 7- вискозиметр с горизонтальным капилляром; 8- термостат; 9- вакуум-насос; 10- вакуумные колбы; 11- вакууметр; 12^с ультратермостат ТС-16а.

ли бутылки ёмкостью по 25 л каждый. Измерение повышенного давления и вакуума в моностагах осуществлялось с помощью образцовых моно- и вакууметров, а более точно при проведении эксперимента с помощью U-образной трубки, заполненной окрашенной дистиллированной водой. Применение такой системы позволило вести измерения при движении томатной массы в одном и другом направлениях при неизменном давлении и вакууме. Избыточное гидростатическое давление томатной массы в первой половине каждого опыта компенсировалось давлением обратного знака во второй половине опыта. Нагрев, охлаждение и регулирование температуры воды в термостате осуществлялось с помощью ультратермостата ТС-16А. Температура продукта в цилиндрах контролировалась посредством хромель-капельных термопар, пропущенных через капилляры различной длины. При термостатировании продукта термопары сверху вводились в цилиндры на различную высоту, что давало возможность определять температуру продукта одновременно в нескольких точках.

Из опытов с жидкостями известной вязкости была определена поправка на турбулентное движение у концов, согласно Куэтту, в виде поправки на длину трубки. При последовательных замерах времени истечения при различных давлениях и вакууме получали ряд данных, необходимых для расчёта реологических величин исследуемого продукта. Вязкость рассчитывалась по формуле движения жидкости в капиллярах:

$$Q = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{p}{\eta l} \cdot R^4 \cdot t \quad (1)$$

где: Q - расход жидкости за время t ;
 p - перепад давления на концах капилляра;
 R, l - радиус и длина капилляра.

Исследование реологических свойств томатопродуктов с содержанием растворимых сухих веществ более 10 - 15% проводилось на ротационных вискозиметрах "Реотест" (измерительный цилиндр S-2) и РВ-8 (вискозиметр Волярвича М.П.). Требуемое количество исследуемого продукта для заполнения измерительного резервуара определялось по весу и плотности. После присоединения резервуара с образцом к вискозиметру и термостату систему выдерживали при температуре опыта 40-60 минут. Предварительные определения показали, что время релаксации для томатной пасты не более 30-40 минут. По истечении этого времени выравнивалась температура продукта в резервуаре, получаемые значения напряжения сдвига при повторных определениях совпадали.

Исследование реологических свойств томатопродуктов с одинаковым содержанием растворимых сухих веществ при одних и тех же условиях проведения эксперимента показало, что вязкость исследуемых образцов обуславливается соотношением растворимых и нерастворимых сухих ве-

ществ. Представленные на рис. 2 кривые зависимости эффективной вязкости томатной пасты от соотношения растворимых и нерастворимых сухих веществ (показателя P/HP) свидетельствуют о том, что вязкость томатной пасты, вырабатываемой на одном и том же заводе, в течение сезона при одинаковых условиях может изменяться в шесть-семь раз. Так, например, при изменении показателя P/HP от 6 до 11 вязкость 30%-ной томатной пасты ($t^0 = 30^{\circ}\text{C}$; $\dot{\gamma}_3 = 437 \text{ сек}^{-1}$) изменяется от 0,2 до 1,4 н.сек/м².

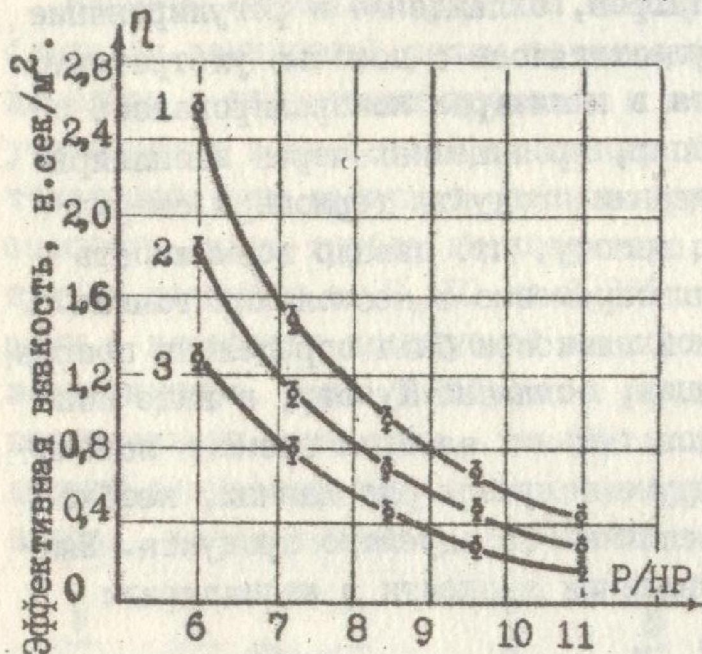


Рис. 2. Кривые зависимости эффективной вязкости томатной пасты от соотношения растворимых и нерастворимых сухих веществ ($P = 30\%$, $t^0 = 30^{\circ}\text{C}$, $\dot{\gamma} = \text{const}$).

1. $\dot{\gamma}_1 = 146 \text{ сек}^{-1}$;

2. $\dot{\gamma}_2 = 243 \text{ сек}^{-1}$;

3. $\dot{\gamma}_3 = 437 \text{ сек}^{-1}$.

Соотношение растворимых и нерастворимых сухих веществ.

Показатель P/HP оказывает значительное влияние и на форму кривой течения тоματοпродуктов. На рис.3 представлены графики зависимости между напряжением сдвига (τ) и скоростью деформации сдвига ($\dot{\gamma}$) для 30%-ной томатной пасты с различными показателями P/HP . Кривые течения показывают, что отношение напряжения сдвига к скорости сдвига, характеризующее вязкость, постепенно понижается с ростом скорости сдвига - наклон линии непрерывно уменьшается по мере увеличения скорости сдвига. В логарифмических координатах графики зависимости между напряжением сдвига и его скоростью для тоματοпродуктов изображаются в виде наклонных прямых линий.

В диапазоне скорости деформации сдвига, получаемом на вискозиметре "Реотест", от 0,5 до 437 сек^{-1} существуют две области, в которых каждая кривая течения имеет различные наклоны. Граница между ними проходит при скорости сдвига около 30 сек^{-1} . Исследования, проводимые на вискозиметре РВ-8, показали, что в этот момент завершается основной процесс разрушения структуры продукта, выражающийся в раз-

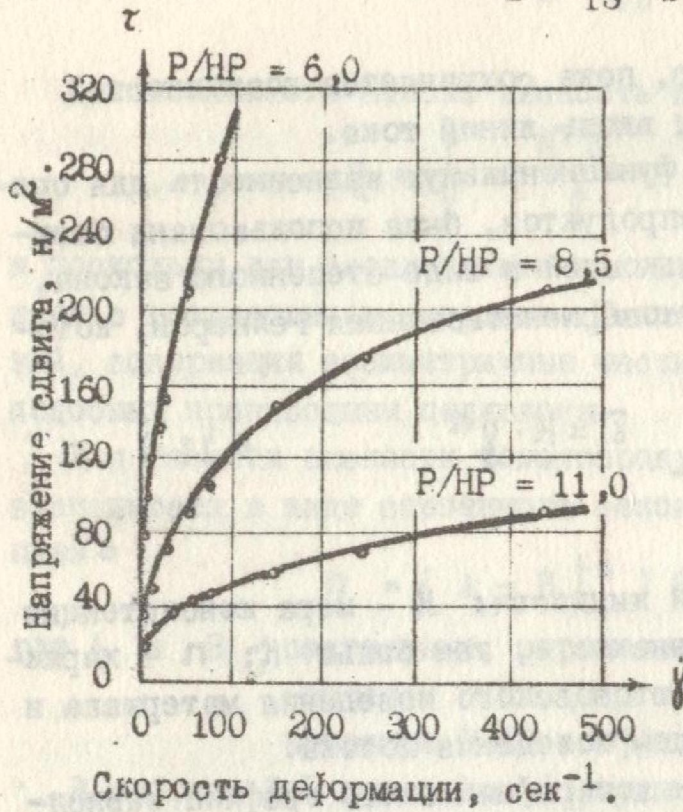
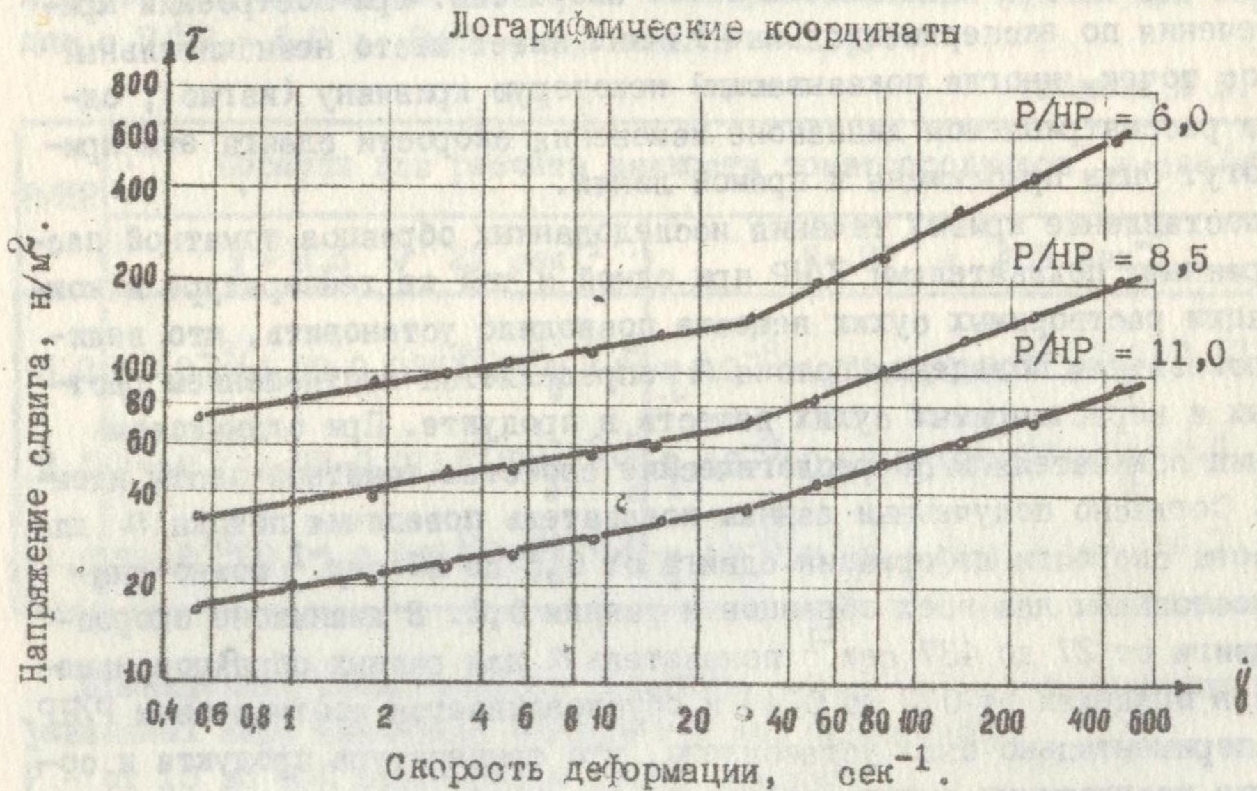


Рис. 3. Кривые зависимости напряжения сдвига от скорости деформации для томатной пасты при различном соотношении растворимых и нерастворимых сухих веществ ($P = 30\%$, $t^{\circ} = 30^{\circ}$).



риве связей. При дальнейшем увеличении приложенного напряжения скорость вращения внутреннего цилиндра вискозиметра РВ-8 возрастает всё более. Можно предположить, что физическое толкование псевдопластичности, вероятно, заключается в том, что с возрастанием скорости сдвига асимметричные частицы мякоти постепенно ориентируются своими большими осями вдоль направления потока. Вязкость будет убывать с

ростом скорости сдвига до тех пор, пока сохраняется возможность дальнейшего ориентирования частиц вдоль линий тока.

Чтобы установить эмпирическую функциональную зависимость для описания исследуемых образцов томатопродуктов, была использована зависимость для псевдопластических жидкостей в виде степенного закона, предложенная Оствальдом и затем усовершенствованная Рейнером, которая записывается уравнением

$$\bar{\tau} = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (11)$$

где: $\bar{\tau}$ - напряжение сдвига;

$\dot{\gamma}$ - скорость сдвига;

K и n - постоянные для данной жидкости: K - мера консистенции жидкости - чем выше вязкость, тем больше K ; n - характеризует степень неньютоновского поведения материала и её называют показателем поведения потока.

Параметр n характеризует наклон логарифмического графика зависимости между напряжением сдвига и его скоростью. При построении кривых течения по экспериментальным данным имеет место незначительный разброс точек, иногда показывающий некоторую кривизну (изгиб), однако в рассматриваемом диапазоне изменения скорости сдвига эти кривые могут быть приближены к прямой линии.

Сопоставление кривых течения исследованных образцов томатной пасты с равными показателями R/HP при одной и той же температуре и концентрации растворимых сухих веществ позволило установить, что величина показателя поведения потока n определяется соотношением растворимых и нерастворимых сухих веществ в продукте. При одинаковом значении показателя R/HP реологические свойства томатной пасты идентичны. Согласно полученным данным показатель поведения потока n для диапазона скорости деформации сдвига от 0,5 до 27 сек⁻¹ можно считать постоянным для всех образцов и равным 0,2. В диапазоне скоростей сдвига от 27 до 437 сек⁻¹ показатель n для равных образцов изменяется в пределах от 0,3 до 0,47 и обуславливается соотношением R/HP .

Экспериментально было установлено, что температура продукта и содержание растворимых сухих веществ не влияют на показатель поведения потока - на соответствующих графиках кривые течения для томатопродуктов разной концентрации и температуры параллельны при одном и том же показателе R/HP .

Вязкость томатопродуктов η определялась как отношение приложенного напряжения к скорости сдвига:

$$\eta = \frac{\bar{\tau}}{\dot{\gamma}} \quad (111)$$

Для степенного закона вязкость может быть выражена через n , т.е.

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{K \cdot \dot{\gamma}^n}{\dot{\gamma}} = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (19)$$

и поскольку для псевдопластичных материалов $n < 1$, то вязкость убывает с возрастанием скорости. Такое поведение характерно для суспензий, содержащих ассиметричные частицы, и растворов высокополимеров, подобных производным целлюлозы.

Для расчёта вязкости томатопродуктов эмпирические функциональные зависимости в виде степенного закона могут быть представлены уравнением

$$\eta = (A - B t^0) P^3 \dot{\gamma}^{n-1} \quad (20)$$

где A и B - постоянные, определяемые опытным путём для каждого значения P/HP . Для томатопродуктов с постоянным соотношением P/HP коэффициенты A и B не изменяются.

В таблице № 5 приведены формулы для расчёта вязкости томатопродуктов, полученные на основании экспериментальных данных для образцов с $P/HP = 6,0$; $P/HP = 8,5$ и $P/HP = 11,0$.

Таблица № 5.

P/HP	Формулы для расчёта вязкости томатопродуктов, н.сек/м ²	
	$\dot{\gamma} = 0,5 + 27 \text{ сек}^{-1}$	$\dot{\gamma} = 27 + 437 \text{ сек}^{-1}$
6,0	$\eta = 10^{-3} (4,20 - 0,035 t^0) P^3 \dot{\gamma}^{-0,8}$	$\eta = 10^{-3} (1,74 - 0,0150 t^0) P^3 \dot{\gamma}^{-0,53}$
8,5	$\eta = 10^{-3} (1,77 - 0,015 t^0) P^3 \dot{\gamma}^{-0,8}$	$\eta = 10^{-3} (0,93 - 0,0077 t^0) P^3 \dot{\gamma}^{-0,6}$
11,0	$\eta = 10^{-3} (0,96 - 0,008 t^0) P^3 \dot{\gamma}^{-0,8}$	$\eta = 10^{-3} (0,58 - 0,0053 t^0) P^3 \dot{\gamma}^{-0,7}$

Приведенные реологические уравнения могут быть использованы при указанных ниже значениях входящих в них переменных:

P - от 10 до 40% растворимых сухих веществ;

$\dot{\gamma}$ - от 0,5 до 437 сек⁻¹;

t^0 - от 10 до 90°C.

Приближённые значения вязкости томатопродуктов могут быть рассчитаны без определения показателя P/HP по формуле $P/HP = 8,5$. Пределы изменения вязкости томатопродуктов при тех же условиях в течение сезона переработки томатов на консервных заводах можно рассчитать по формулам для $P/HP = 11,0$ и $P/HP = 6,0$. Указанные пределы изменения скорости сдвига включают тот диапазон, который имеет место при

производстве концентрированных томатопродуктов.

Одной из основных особенностей томатной пасты является её резко выраженная полидисперсность. С целью определения влияния количественного содержания клетчатки и степени дисперсности мякоти на вязкость продукта были исследованы различные образцы томатной пасты Одесского и Херсонского консервных комбинатов.

На Одесском консервном комбинате томатная масса протиралась через протирачные сита с диаметром отверстия 0,8 мм, на Херсонском консервном комбинате установлены финишеры с диаметром отверстия 0,4 мм. В связи с этим степень дисперсности мякоти продукта, вырабатываемого на комбинатах, различна.

Степень дисперсности суспендированных частиц томатной мякоти определяли ситовым методом, пропуская суспензию через шелковое сито № 49 с размером ячейки 125 мкм. Различное количественное соотношение между фракциями позволило сравнить степень дисперсности исследуемых образцов, а измерение вязкости этих образцов при одном и том же химическом составе мякоти и равных показателях P и P/HP позволило выявить влияние дисперсности мякоти на вязкость продукта.

В таблице № 6 представлены полученные данные для двух образцов томатной пасты Херсонского консервного комбината с разным содержанием клетчатки при сравнительно одинаковых остальных химических показателях и одной и той же дисперсности. Согласно полученным данным вязкость томатной пасты, выработанной в конце сезона (в октябре месяце) и содержащей 42,3% клетчатки, оказалась выше вязкости пасты, выработанной в начале сезона и содержащей 30,1% клетчатки.

При определении вязкости томатной пасты Одесского консервного комбината с таким же химическим составом мякоти, но более грубой дисперсностью, были получены значения несколько ниже, чем у томатной пасты Херсонского консервного комбината. Объясняется это тем, что степень дисперсности суспендированных частиц мякоти зависит от диаметра отверстий протирачной машины и оказывает влияние на структурированность системы - уменьшение размера частиц мякоти приводит к увеличению вязкости и напряжению сдвига.

Микроскопическое исследование частиц грубодисперсной и мелкодисперсной фракции показало, что большое число частиц мякоти имеет линейные размеры значительно превышающие диаметр отверстий протирачных сит. Это происходит в результате того, что многие частицы мякоти при протирании продавливаются, а не разрезаются. Размеры отдельных частиц грубодисперсной фракции находятся в пределах от 125 до 800 мкм и более.

При одном и том же содержании мякоти одинакового химического сос-

тава в пасте Херсонского консервного комбината в связи с более высокой степенью дисперсности количество взвешенных частиц больше, чем в пасте Одесского консервного комбината. Поскольку вязкость продукта прямо пропорциональна количеству взвешенных частиц, вязкость томатной пасты Херсонского консервного комбината выше.

Таблица № 6.

Влияние количественного содержания клетчатки и степени дисперсности мякоти на вязкость томатопродуктов.

№	ПОКАЗАТЕЛИ	Томат-паста Херсонского консервного комбината		Томат-паста Одесского консервного комбината			
		август	октябрь	октябрь			
1	Растворимые сухие вещества (Р), %	21,0	21,0	21,0			
2	СОСТАВ МЯКОТИ, %:						
	а) клетчатка	30,1	42,2	43,0			
	б) лигнин	17,0	18,1	18,2			
	в) протопектин	8,6	11,6	11,0			
3	Дисперсность (содержание частиц $\varnothing \leq 125$ мкм, %)	84,6	83,5	61,0			
4	Р/НР	8,7	5,8	8,7	5,8	8,7	5,8
5	Вязкость, н.сек/м ² ($t^{\circ} = 20^{\circ}C; \dot{\gamma} = 437$ сек ⁻¹)	0,13	0,42	0,16	0,52	0,14	0,48

Проведенные исследования показали, что при одном и том же содержании растворимых и нерастворимых сухих веществ вязкость томатопродуктов изменяется в зависимости от степени дисперсности суспендированных частиц мякоти и от количественного содержания клетчатки. Реологические кривые, построенные для таких образцов томатной пасты, несколько сдвинуты; при одноразовых определениях вязкости различных образцов полученные точки не ложатся на одну кривую. Реологические уравнения (таблица № 5) получены при средних значениях показателей химического состава мякоти, приведенных в таблице № 4, и такой степени дисперсности, когда содержание частиц мелкодисперсной фракции ($\varnothing \leq 125$ мкм) составляет не менее 80 - 85% от общего количества мякоти.

Исследование влияния водорастворимых и нерастворимых веществ томатов на качество и реологические свойства томатной пасты при концентрировании томатной массы на вакуум-выпарной установке линии "Единство 200".

Экспериментальная работа проводилась на установленной в томатном цехе Херсонского консервного комбината линии "Единство 200" и координировалась с институтом ПИЩЕПРОМАВТОМАТИКА. Институтом ПИЩЕПРОМАВТОМАТИКА разработаны, исследованы и внедрены способы оптимизации режима работы ВВУ томатного производства при нестабильных условиях процессов концентрирования. В результате этих работ была реализована возможность повышения производительности ВВУ против паспортной путём определения оптимальных режимов работы.

Для определения зависимости качества томатной пасты от режимных параметров работы ВВУ и состава пульпы, поступающей на концентрирование, при каждом установленном режиме круглосуточно через каждые 2 часа отбирались пробы пульпы, полупродукта после 1-го аппарата и пасты после 2-го аппарата, в которых определяли показатели в наибольшей степени характеризующие качество - органолептическую оценку, содержание растворимых сухих веществ, витамин С, показатель оптической плотности жидкой фазы, цвет томатной пасты и сортность по этому показателю. В целом, за сезоны 1969 и 1970 гг было отобрано и проанализировано более 1500 проб пульпы, полупродуктов уваривания и томатной пасты. Путём математико-статистического метода исследования полученных экспериментальных данных по качеству поступающей на концентрирование томатной пульпы, увариваемой массы и готового продукта была предпринята попытка выявить определённые тенденции изменения качества продукта при различных режимах работы ВВУ.

При обработке данных определяли среднее арифметическое, находили среднюю квадратическую ошибку отдельного определения, рассчитывали наибольшую ошибку Δ отдельного определения, рассчитывали среднюю квадратическую ошибку σ_0 среднего арифметического, определяли доверительный интервал и значимость различия средних арифметических центров распределения по F критерию.

Результаты обработки математико-статистическими методами экспериментальных данных как по содержанию витамина С в томатной пасте (в расчёте на 30% растворимых сухих веществ), так и по потерям витамина С при различных режимах работы ВВУ сведены в таблицы №№ 7 - 8. Производительность ВВУ по выпаренной влаге (W) по паспортным данным принималась за 100%, время работы (t) при каждом режиме приведено в последней графе таблицы. При обработке экспериментальные

данные предварительно были сгруппированы по режимам, применявшимся институтом ПИЩЕПРОМАВТОМАТИКА под шифрами 0; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4

Таблица № 7.

Результаты обработки экспериментальных данных по содержанию витамина С в томатной пасте.

№ п/п	Режим	Содержание витамина С мг/100 г	С мг/100 г	Доверительный интервал мг/100 г
По всему массиву данных за сезоны 1969 и 1970 гг:				
1	0	36,9	8,3	± 16,2
2	0"	41,5	7,7	± 15,5
3	1 + 1,5	49,1	12,7	± 24,9
4	2 + 2,5	44,9	8,6	± 16,8
Без учёта данных при образовании нагара и неполных режимах за сезоны 1969 и 1970 гг:				
1	0	37,7	7,7	± 15,1
2	0"	41,8	7,6	± 14,9
3	1 + 1,5	49,2	13,9	± 27,2
4	2 + 2,5	46,5	8,8	± 17,2

Согласно полученным данным (по всему массиву данных) при принятии на Херсонском консервном комбинате в 1969 г режиме работы БЗУ (режим 0 - 0"), когда температура кипения томатной массы в первом аппарате (t_1^0) составляла 94°C , во втором (t_2^0) - 56°C и $W = 109,6\%$, содержание витамина С в томатной пасте составляло 36,9 - 41,5 мг на 100 г и потери витамина С в процессе концентрирования составляли 50,3 - 57,8%. Повышенная температура кипения томатной массы в аппаратах по сравнению с паспортными данными происходила, в основном, из-за высокой температуры охлаждающей воды, поступающей в конденсатор, равной в среднем $t_{\text{в}}^0 = 20 - 23^{\circ}\text{C}$ (против $t_{\text{в}}^0 = 15^{\circ}\text{C}$ по фирменным данным). Применение оптимальных режимов работы ВВУ, рекомендуемых институтом ПИЩЕПРОМАВТОМАТИКА, сокращает процесс концентрирования во времени и понижает температуру кипения томатной массы в первом аппарате за счёт более глубокого вакуума, что ведёт к уменьшению потерь витамина С в среднем на 10% и снижению интенсивности процесса меланоидинообразования.

Таблица № 8.

Результаты обработки экспериментальных данных по потерям витамина С при концентрировании томатной массы.

№ п/п	Р е ж и м	Потери витами- на С %	С %	Довери- тельный интервал %	Значимость различия по F критерию: + значимо - незначимо	t час
По всему массиву данных за сезоны 1969 и 1970 гг:						
1	0	57,8	8,4	± 16,4	} + } + } +	177
2	0"	50,3	6,1	± 11,9		165
3	1 + 1,5	41,7	7,4	± 14,5		93
4	2 + 2,5	45,1	5,2	± 10,2		198
Без учёта данных при образовании нагара и неполных режимах за сезоны 1969 и 1970 гг:						
1	0	55,7	8,0	± 15,8	} + } + } +	172
2	0"	50,5	6,7	± 13,1		147
3	1 + 1,5	41,6	7,8	± 15,4		84
4	2 + 2,5	44,9	5,5	± 10,8		170

Для проведения реологических и химических исследований, характеризующих реологические свойства томатопродуктов, а также для изучения влияния соотношения растворимых и нерастворимых сухих веществ в протёртой томатной массе на производительность вакуум-выпарной установки, нами круглосуточно через каждые 15 минут отбирались пробы пульпы, полууваренного продукта из 1-го аппарата и продукта из 2-го аппарата. Из отобранных проб заготавливали средние образцы, в которых определяли показатель Р/НР, изучали химический состав мякоти и определяли вязкость томатопродуктов при условиях, максимально приближённых к условиям продукта в аппаратах. Экспериментальные данные по химическому составу нерастворимых сухих веществ томатной пасты после соответствующей статистической обработки приведены в таблице № 4.

При проведении испытаний ВВУ при различных режимах соотношение Р/НР в течение сезона изменялось, в основном, в пределах от 7 до 10. При производстве 30%-ной томатной пасты в соответствии с требовани-

ями стандарта допускаются отклонения в содержании растворимых сухих веществ $\pm 2\%$. Вязкость увариваемой массы во втором аппарате при увеличении содержания растворимых сухих веществ от 28 до 32% и показателе $P/HP = 10$ изменяется от 0,21 до 0,31 н.сек/м² при температуре 56 - 58°C и $\dot{\gamma} = 437 \text{ сек}^{-1}$. Соответственно, для томатной массы с показателем $P/HP = 7$ вязкость изменяется от 0,38 до 0,55 н.сек/м².

Влияние состава пульпы на производительность при одном и том же режиме работы ВВУ можно проследить, анализируя данные по производительности по сменам (таблица № 9). Так, например, анализируя рост производительности ВВУ при обычном режиме (режим 0) по циклам с 8-1X по 10-1X-1969 года, когда производительность ВВУ составила 107,2%, и с 18-1X по 20-1X-1969 года при производительности 126,5% с аналитическими данными состава сырья и готовой продукции, можно отметить, что рост производительности ВВУ при прочих относительно одинаковых условиях работы обусловлен повышенным соотношением растворимых и нерастворимых сухих веществ - показатель P/HP увеличивается в среднем с 8,64 до 9,20, при этом вязкость томатной пасты соответственно уменьшается с 0,336 до 0,280 н.сек/м².

В конце сезона качество поступающего на переработку сырья ухудшается, показатель P/HP понижается до 6. Уваривать такую массу до 30% растворимых сухих веществ практически невозможно - полууваренный продукт становится очень густым и вязким, на поверхности нагрева образуется нагар, резко возрастает показатель оптической плотности жидкой фазы, производительность ВВУ снижается. Контролируя показатель P/HP можно решить вопрос о целесообразности производства 20%-ного томатного пюре, а не 30%-ной томатной пасты. Так, например, если показатель P/HP равен 5,6, то консистенция томатной массы, уваренной до 20%-ного содержания растворимых сухих веществ, будет такая же, как у 30%-ной томатной пасты с показателем P/HP равным 8,3.

Показатель P/HP является одним из критериев состава пульпы, поступающей на концентрирование. При повышенном содержании растворимых сухих веществ в пульпе ($P > 6$) потребуется меньше выпаривать воды и можно допустить в пульпе более высокое содержание мякоти. Количество мякоти в пульпе обуславливается сортовыми особенностями томатов, т.е. показатель P/HP пульпы зависит от показателя P/HP плодов. Поэтому при подборе сортов томатов для производства концентрированных томатопродуктов необходимо учитывать содержание растворимых сухих веществ в плодах и руководствоваться показателем P/HP для пульпы, получаемой из этих томатов. В случае поступления плодов с пониженным соотношением P/HP , в том числе деформированных, отбракованных при производстве цельноконсервированных томатов, но с хорошими органо-

ТАБЛИЦА № 9

Экспериментальные данные по отдельным циклам сезона 1969 года в режим 0).

№ п/п	Дата	Смена	Пунгга		Соотношение P/HP	Производительность W, %	Паота	
			P, %	η, н.сек/м ²				
1	8-IX	16 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	5,4	8,8	111	0,32		
2	9-IX	0 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	5,6	8,7	108	0,33		
3	9-IX	8 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	5,6	8,7	101	0,38		
4	9-IX	16 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	5,5	8,8	105	0,32		
5	10-IX	0 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	5,7	8,6	109	0,34		
6	10-IX	8 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	4,9	8,7	105	0,33		
7	10-IX	16 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	5,3	8,2	111	0,38		
$\bar{X} \pm \bar{X}_{cp}$			5,43 ± 0,19	8,64 ± 0,16	107,1 ± 3,0	0,336 ± 0,014		
1	18-IX	16 ⁰⁰ - 21 ⁴⁵	5,3	8,9	119	0,31		
2	19-IX	0 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	5,3	8,9	124	0,31		
3	19-IX	11 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	5,2	9,1	132	0,29		
4	19-IX	16 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	5,8	9,3	124	0,27		
5	20-IX	0 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	5,8	9,5	136	0,25		
6	20-IX	8 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	5,6	9,5	137	0,25		
$\bar{X} \pm \bar{X}_{cp}$			5,50 ± 0,20	9,20 ± 0,23	128,6 ± 6,3	0,280 ± 0,023		

лептическими свойствами, их переработка на томат-пасту возможна при условии купажирования с другими сортами, содержащими меньше мякоти.

Проведенные исследования влияния водорастворимых и нерастворимых веществ томатов на качество и реологические свойства томатной пасты при концентрировании томатной массы на вакуум-выпарной установке линии "Единство 200" позволили установить, что в процессе концентрирования происходят значительные потери витамина С, которые можно уменьшить путём снижения максимального уровня температуры кипения томатной массы в первом аппарате и сокращения продолжительности её тепловой обработки за счёт увеличения производительности ВВУ. Соотношение растворимых и нерастворимых сухих веществ в томатопродуктах изменяется в течение сезона от 6 до 11, соответственно вязкость томатопродуктов при концентрировании в одинаковых условиях меняется в значительных пределах, что отражается на производительности ВВУ и качестве вырабатываемого продукта. Таким образом, показатель Р/НР является критерием состава сырья и томатопродуктов, который необходимо учитывать как при подборе сортов томатов для производства томатной пасты, так и в процессе производства.

Исследование плотности и электропроводности томатопродуктов и применение результатов исследования в производстве.

При проведении экспериментов на вискозиметре с горизонтальным капилляром и ротационных вискозиметрах необходимо определять плотность томатопродуктов равной концентрации при различных температурах. Лабораторные методы измерения плотности общеизвестны, однако для томатопродуктов применение стандартных пикнометров вызывает значительные трудности в связи с наличием частиц, высокой вязкости и образованием пузырьков парововлужной смеси при нагревании концентрированной массы выше 50°C. Для многократных определений плотности томатопродуктов нами был изготовлен пипеткообразный пикнометр, представляющий собой U-образную трубку с оттянутыми под прямым углом концами. В отличие от подобных пикнометров Оствальда-Шпренгеля вместимость каждого из применявшихся пикнометров составляла от 25 до 50 мл.

При проведении экспериментов для вывода функциональной зависимости плотности (ρ) от температуры и содержания растворимых сухих веществ были использованы образцы, отобранные в процессе концентрирования томатной массы с показателем Р/НР = 8,5. При разбавлении томатопродуктов дистиллированной водой было получено по 3 образца при том же показателе Р/НР с содержанием растворимых сухих веществ 25%, 20%, 15%, 10% и 5%. Во всех образцах была определена плотность по три раза при температурах 20°C, 40°C, 60°C и 80°C. По средним ариф-

метическим данным (по трём измерениям) были построены кривые зависимости плотности от температуры при различном содержании растворимых сухих веществ (рис. 4).

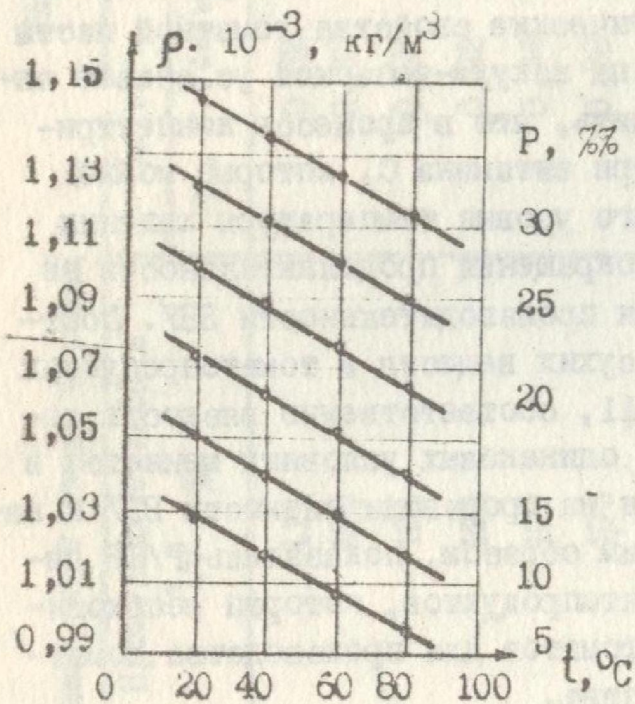


Рис. 4. Зависимость плотности томатпродуктов от температуры при различном содержании растворимых сухих веществ.

В исследуемом диапазоне температур ($t^{\circ} = 20 + 80^{\circ}\text{C}$) и содержании растворимых сухих веществ ($P = 5 + 30\%$) плотность томатпродуктов линейно уменьшается с повышением температуры и увеличивается по мере роста концентрации растворимых сухих веществ. Зависимость плотности от температуры прямолинейная и выражается следующим уравнением:

$$\rho = 1016 + 4,75 P - 0,552 t^{\circ} \quad \text{кг/м}^3 \quad (\text{VI})$$

Уравнение описывает экспериментальные данные с точностью до 1%.

Измерение электропроводности томатпродуктов производилось при помощи прибора "Мост реохордный Р - 38" и электролитической ячейки Х - 38. Значения удельной электропроводности растворов определялось согласно инструкции к прибору по формуле

$$\mathcal{K} = \frac{C}{R_x} \quad (\text{VII})$$

где: R_x - сопротивление испытуемого раствора, измеренное мостом при определённой температуре;

C - постоянная электролитической ячейки, определяемая опытным путём при измерении контрольного раствора.

В таблице № 10 представлены пределы изменения электропроводности томатпродуктов по мере уваривания ($P = 5 + 30\%$; $t^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$; P/HP -

const) и плазмы, отделённой центрифугированием из тех же образцов

Таблица № 10.

Пределы изменения электропроводности протёртой томатной массы и томатной плазмы при концентрировании ($P/HP = const$; $t^{\circ} = 20^{\circ}C$).

P %	Пределы изменения электропроводности при концентрировании $\chi = \text{сим/м}$	
	Протёртая томатная масса	Томатная плазма
5	0,58 - 0,66	0,62 - 0,72
10	0,88 - 0,99	0,99 - 1,05
20	1,12 - 1,45	1,20 - 1,55
30	0,99 - 1,08	1,40 - 1,80

Электропроводность томатопродуктов увеличивается при концентрировании до некоторого предела, затем падает. Электропроводность плазмы, однако, продолжает увеличиваться. Это явление объясняется тем, что подвижность ионов, движущихся в вязкой среде, является функцией вязкости. Повышение концентрации электролита в растворе (плазмы) неминуемо изменяет электропроводность, но увеличение вязкости препятствует движению ионов. Проведенные исследования показали, что вязкость плазмы при концентрировании возрастает, но в гораздо меньшей степени, чем вязкость протёртой томатной массы. Наличие мякоти в растворе влечёт более резкое увеличение вязкости при концентрировании и, когда вязкость полууваренной массы достигает значительной величины, электропроводность начинает уменьшаться.

На многих консервных заводах установлены вакуум-выпарные установки автоматизированных линий "Ланг", "Манцини" и "Единство" для производства 30%-ной томатной пасты. Для оперативного управления каждой ВВУ необходим автоматический контроль расхода томатной пульпы, поступающей на концентрирование, и количества вырабатываемой томатной пасты. Исследование плотности и электропроводности томатопродуктов на Херсонском консервном комбинате в течение всего сезона переработки томатов позволило выявить возможность использования индукционного расходомера типа ИР-1 Таллинского завода измерительных приборов для автоматического измерения расхода томатопродуктов. Объёмный расход исследуемых сред определяли по формуле:

$$Q = \frac{G \cdot 3600}{\rho \cdot t} \quad \text{м}^3/\text{час} \quad (\text{VIII})$$

где: G - масса среды, прошедшей через датчик расходомера за время опыта;

ρ - плотность среды, кг/м³;

t - продолжительность опыта, в секундах.

Плотность томатопродуктов определяли пикнометрами. Проведенные измерения показали возможность расчёта плотности по выведенной зависимости плотности от температуры и содержания растворимых сухих веществ.

Общие выводы и рекомендации.

В работе освещены вопросы, связанные с изучением влияния водорастворимых и нерастворимых веществ томатов на качество и реологические свойства томатной пасты. Большое внимание уделено изучению томатов промышленных сортов и химического состава мякоти томатопродуктов, показано изменение качества томатной пасты в зависимости от состава сырья при различных режимах работы вакуум-выпарной установки. Приведены результаты исследования таких физических свойств томатопродуктов, как плотность и электропроводность.

Обобщение полученных результатов исследования позволило сделать следующие выводы и рекомендации.

1. Реологические свойства томатопродуктов и томатной пасты обуславливаются соотношением водорастворимых и нерастворимых сухих веществ - $R/НР$. Исследование химического состава нерастворимых сухих веществ позволило установить пределы изменения содержания отдельных компонентов мякоти, а именно, клетчатки, протопектина, пентозанов, лигнина и азотистых веществ. В связи с тем, что на реологические свойства томатопродуктов и томатной пасты оказывают влияние все компоненты мякоти, их следует рассматривать в комплексе как нерастворимые вещества (НР).
2. Экспериментально установлена зависимость вязкости томатопродуктов от температуры, скорости сдвига и концентрации растворимых сухих веществ при разных показателях $R/НР$. Изучение химического состава мякоти позволило выявить тенденцию повышения вязкости при увеличении процентного содержания клетчатки (целлюлозы). Клетчатка является основным компонентом мякоти и в наибольшей степени обуславливает реологические свойства томатопродуктов.
3. При изучении томатов промышленных сортов установлено, что плоды с физико-механическими свойствами, отвечающими требованиям равовой

машинной уборки урожая, содержат больше мякоти и отличаются наиболее высоким общим содержанием клетчатки.

4. Соотношение водорастворимых и нерастворимых сухих веществ в томатной пульпе, поступающей на концентрирование, изменяется от 6 до 11 и зависит от состава перерабатываемого сырья и сортовых особенностей плодов. При подборе сортов томатов для производства томатной пасты необходимо учитывать содержание растворимых сухих веществ и руководствоваться показателем Р/НР для пульпы, получаемой из этих томатов.

5. На основании изучения реологических свойств томатопродуктов в течение трёх сезонов переработки томатов на Херсонском консервном комбинате, а также на Одесском и Ивмаильском консервных комбинатах, установлены пределы изменения вязкости томатопродуктов в процессе концентрирования при условиях, приближённых к производственным. В зависимости от соотношения Р/НР вязкость 30%-ной томатной пасты, вырабатываемой на одном и том же заводе, в течение сезона может изменяться при одних и тех же условиях производства в пять-шесть раз, что существенно сказывается на производительности вакуум-выпарной установки и качестве готового продукта. В связи с этим для получения продукта высокого качества и эффективного использования вакуум-выпарных установок необходимо поддерживать в пульпе, поступающей на концентрирование оптимальное соотношение водорастворимых и нерастворимых сухих веществ, а именно в пределах $7 + 10$.

6. Выведены реологические уравнения для расчёта вязкости томатопродуктов в широком диапазоне изменения входящих в них переменных при различном соотношении водорастворимых и нерастворимых сухих веществ. Экспериментальные исследования проводились в диапазоне изменения определяемых величин, имеющем место в производственных условиях, и приведенные реологические уравнения могут быть применены в инженерных расчётах.

7. На основании экспериментальных исследований, проводившихся в течение всего сезона переработки томатов на Херсонском консервном комбинате, выведена формула для расчёта плотности томатопродуктов различной концентрации в зависимости от температуры. Производственные испытания применимости индукционного расходомера типа ИР-1 для автоматического измерения томатной пульпы, поступающей на концентрирование, и измерения расхода томатной пасты показали возможность применения полученной формулы при расчёте расхода томатопродуктов.

8. Полученный экспериментальный материал свидетельствует о том, что изменения, происходящие в концентрируемой томатной массе, зависят от сортовых особенностей томатов и условий их переработки. Ка-

чество томатной пасты следует характеризовать не только концентрацией водорастворимых сухих веществ, но и такими объективными показателями, как соотношение водорастворимых сухих веществ, оптическая плотность жидкой фазы и содержание витамина С. Эти показатели могут быть включены в схему химико-технического контроля производства концентрированных томатопродуктов.

9. Непрерывная тепловая обработка томатной массы при концентрировании является сложным технологическим процессом со многими входными и выходными параметрами. Рациональная организация и необходимость повышения эффективности производства требует осуществления оптимизации этого процесса. Обработка экспериментальных данных статистическими методами показала, что применение режимов работы вакуум-выпарной установки, сокращающих процесс концентрирования во времени и понижающих температуру кипения томатной массы в первом аппарате за счёт более глубокого вакуума, уменьшает потери витамина С и снижает интенсивность процесса меланоидинообразования.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Применение индукционных расходомеров в производстве концентрированных томатопродуктов.

Журнал "Консервная и овощесушильная промышленность", № 10, 1970, стр. 10 - 13.

2. Технологические режимы производства и качество томат-пасты.

Журнал "Консервная и овощесушильная промышленность", № 6, 1972, стр. 16 - 17.

3. Реологічні властивості томатопродуктів при виробництві томатної пасты.

Науково-виробничий збірник "Харчова промисловість", № 1, 1974, стр. 45 - 46.

4. Подбор сортов томатов для производства концентрированных томатопродуктов.

Журнал "Консервная и овощесушильная промышленность", № 9, 1974, стр. 31 - 33.

5. Изменение физических, реологических и технологических показателей томатопродуктов при производстве томатной пасты.

Сборник "Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в ВУЗ-ах УССР", Пищевая промышленность, Киев, вып. 9, 1974, стр. 35 - 36.