

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИУ)»
ВЫСШАЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА
КАФЕДРА «ПИЩЕВЫЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____/_____
_____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____/ И.Ю. Потороко
_____ 2018 г.

Исследование технологических свойств крахмала различных видов,
поступающих на потребительский рынок РФ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ЮУрГУ – 38.03.07. 2018. 007. ВКР

РУКОВОДИТЕЛЬ РАБОТЫ

_____/ Н.В. Попова
_____ 2018 г.

НОРМОКОНТРОЛЬ

_____/ Н.В. Попова
_____ 2018 г.

АВТОР РАБОТЫ

студент группы МБ-402

_____/ К.В. Жамбусинова
_____ 2018 г.

Челябинск
2018

Аннотация

Жамбусинова К.В. Исследование технологических свойств крахмала различных видов, поступающих на потребительский рынок РФ. – Челябинск: ЮУрГУ, МБ-402, 2018. – 77 с., 22 ил., 16 табл., библиографический список – 50 наименований.

Дипломная работа выполнена с целью исследования технологических свойств крахмала различных видов, поступающих на потребительский рынок РФ. Объектом исследования является крахмал трех видов: картофельный, кукурузный, тапиоковый, реализуемый в магазине АО Тандер «Магнит».

В данной дипломной работе проанализировано состояние и перспективы развития рынка крахмала, рассмотрена классификация и ассортимент крахмала. Также были изучены факторы, формирующие и сохраняющие качество крахмала, рассмотрены разные способы модификации крахмала в настоящее время. Также сформулированы требования, предъявляемые к качеству крахмала.

Дана краткая характеристика магазина АО Тандер «Магнит» с учетом всех технологических процессов, производимых в магазине, исследована охрана труда на предприятии, а также проанализирован ассортимент крахмала, который реализует магазин.

Последняя глава работы содержит характеристику образцов крахмала, взятых на исследование и методы получения клейстера по инновационным технологиям. На примере полученных клейтеров, выработанных по инновационным технологиям, как ультразвуковое воздействие, было произведено исследование их качества и технологических свойств, проанализированы его результаты, сделаны соответствующие выводы и внесены конкретные предложения.

Содержание

Введение.....	4
1. Аналитический обзор литературы.....	6
1.1 Современное состояние потребительского рынка крахмала и тенденции его развития	6
1.2 Классификация и характеристика ассортимента крахмалов.....	10
1.3 Факторы качества крахмала.....	15
1.4 Анализ современных способов модификации крахмала	26
1.5 Характеристика технологических свойств и требования к качеству крахмала	35
2. Практическая часть	44
2.1. Общая характеристика предприятия.....	44
2.2. Технологические процессы, осуществляемые на предприятии.....	46
2.3. Охрана труда, осуществляемая предприятием	49
2.4. Анализ ассортимента продукции	52
3. Экспериментальная часть.....	56
3.1. Цели и задачи исследования.....	56
3.2. Характеристика объектов исследования	56
3.3. Показатели качества и методы их оценки.....	59
3.4. Результаты оценки качества и технологических свойств крахмала.....	62
Выводы и предложения	70
Библиографический список	74

Введение

В настоящее время крахмал является важным пищевым и техническим продуктом, широко применяющийся в различных отраслях пищевой промышленности. Модифицированный крахмал, благодаря более низкой себестоимости, позволяет значительно снижать цену конечного продукта. Такой крахмал применяют в пищевой промышленности для связывания свободной влаги при производстве колбасы; для придания необходимой консистенции кетчупов, майонезов и соусов; при изготовлении кефира или йогурта для придания необходимой текстуры; при изготовлении хлебобулочных и кондитерских изделий для улучшения внешнего вида. Вне зависимости от сферы применения, модифицированный крахмал выступает как загуститель, эмульгатор и стабилизатор. Научные исследования по разработке эффективных способов целенаправленного изменения природных свойств крахмала интенсивно развиваются, его модифицирование с помощью физических (механические, температурные и ультразвуковые), химических (окислительный гидролиз) и биохимических воздействий (ферментативный гидролиз) имеет как научное значение, так и промышленное применение. Необходимо отметить, что для производства модифицированного крахмала не используются методы генной инженерии. Однако, комитет экспертов, объединённых под руководством Всемирной организации здравоохранения и Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, рекомендовал применять без ограничений только крахмалы ферментативной обработки. Другие виды химически обработанных крахмалов нуждаются в дополнительном изучении, поэтому наибольший интерес представляют физические методы модифицирования. Такие методы позволяют воздействовать на крахмал безреагентным способом, при этом изменяя его свойства [50].

Целью данного исследования было установить влияние ультразвуковой обработки на технологические свойства крахмалов различных видов.

Для достижения цели было поставлено несколько задач:

- изучить российский и мировой рынок крахмала;
- исследовать применение крахмала в пищевой промышленности;
- изучить известные способы модификации крахмала российских и зарубежных ученых;
- провести исследования технологических свойства крахмала различных видов, обосновать по результатам сферу их применения.

1. Аналитический обзор литературы

1.1 Современное состояние потребительского рынка крахмала и тенденции его развития

Современное состояние мирового рынка подтолкнуло приоритеты государственной политики Российской Федерации в пищевой и перерабатывающей промышленности к решению задач по обеспечению продовольственной безопасности страны. Одним из важнейших направлений государственной политики России становится обеспечение населения страны качественными и безопасными продуктами питания. Чтобы решить эти вопросы, были приняты национальные законы РФ, а также другие нормативные акты, учитывающие нормативную базу Европейского союза и других стран, в том числе «Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации до 2020 года» (Распоряжение Правительства Российской Федерации № 559-р от 17.04.12 г.) и «Стратегия повышения качества пищевой продукции на период до 2030 года» (Распоряжение Правительства РФ № 1364-р от 29.06.2016 г.) [1, 2, 3].

Крахмал для современного пищевого производства является важным продуктом, его применяют в различных областях пищевой промышленности. Ученые и крупные корпорации всего мира изучают уникальные свойства крахмала как природного полимера, в плане производства самых разнообразных продуктов на его основе. Об этом свидетельствуют ежегодное увеличение числа публикаций и патентов по синтезу и модификациям крахмала [4].

На сегодняшний день рынок пищевой промышленности не может обойтись без стабилизирующих веществ. Стабилизаторы применяются почти в каждом пищевом производстве. Поскольку в современном мире все более популярным становится потребление продуктов с натуральными пищевыми волокнами, что является неотъемлемой частью здорового образа жизни, производители пищевых продуктов увеличивают долю природных стабилизаторов в качестве вспомогательных материалов для своей продукции. Произво-

дители все чаще уходят от использования синтетических и полусинтетических материалов. Так как крахмал в пищевой промышленности используется как природный стабилизатор, эмульгатор и загуститель, то его мировое производство в последние годы возросло в несколько раз [5].

Крахмал – это, без преувеличения, один из базовых товаров экономики. Он широко используется в пищевой промышленности: для получения глюкозы, патоки, этанола. Кроме того, крахмал входит в состав большинства колбас, майонезов, кетчупов и т. д. На данный момент на рынке пищевых добавок доминируют крахмалы, которые в весовом отношении составляют 72 % и используются в основном как загустители.

Потребности внутреннего рынка в крахмале удовлетворяются менее чем наполовину, дефицит в крахмале составляет около 200 тыс. тонн. Особенно значительным является импорт модифицированного крахмала, который составляет 75 %, нативного крахмала, около 80 %. Высокая доля импортной продукции на рынке России обусловлена в первую очередь слабой развитостью внутреннего производства модифицированных крахмалов (табл. 1) [6].

Таблица 1 – Объем производства крахмала в 2015 – апреле 2016 гг., в натуральном выражении

Показатель	2015 г.	Январь – апрель 2016 г.
Объем производства, тыс. т.	212,5	79,9
Темпы роста, %	108	116
Объем производства, млрд. руб.	4,10	1,76
Темпы роста, %	147	138

Самый большой объем производства крахмала приходится на Центральный федеральный округ. В нем за первый квартал 2016 года изготовили свыше 40 тысяч тонн крахмала, что составило 66 % от общего объема. Следующее место занимает Южный федеральный округ с долей в 19 %. За ним

идет Северо-Кавказский федеральный округ, который произвел 10 % от общего объема. Видно, что на эти три округа приходится 95 % производства. В четвертом квартале 2015 года на них приходилось 96 %. Следовательно, внутригодовое использование мощностей в округах является равномерным.

Наибольший объем производства среди всех федеральных округов приходится на Центральный федеральный округ: в 1 квартале 2016 года там было произведено 40,7 тыс. т крахмала, что составляет 66 % от совокупного объема. На втором месте с долей 19 % находится Южный федеральный округ, на третьем месте – Северо-Кавказский федеральный округ с долей 10 %. В совокупности на данные федеральные округа приходится 95 % от российского объема производства в 1 квартале 2016 года, в то время как в 4 квартале 2015 года на те же округа приходилось в совокупности 96 %. Стабильное распределение долей в совокупном объеме производства указывает на размещение сырьевой базы и равномерное внутригодовое использование мощностей во всех федеральных округах. Данные представлены на рисунке 1 [7].

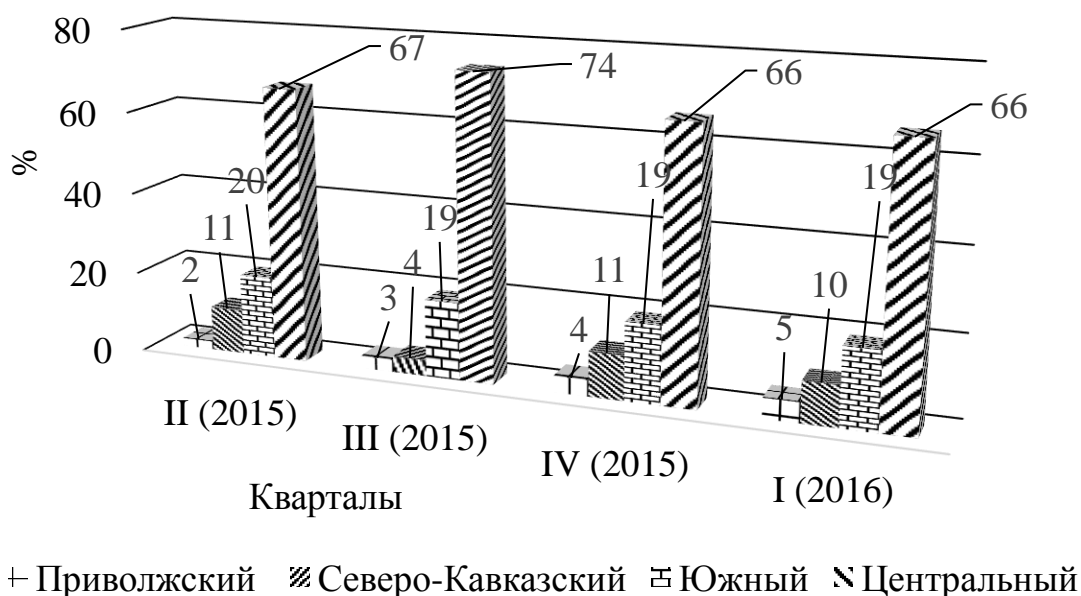


Рисунок 1 – Структура производства крахмала по федеральным округам РФ в период с апреля 2015 – по март 2016 гг.

Начиная с 2018 года, определяющее влияние на развитие отрасли будет оказывать оживление потребительского спроса и восстановительные процессы в экономике, которые приведут к росту инвестиционной активности и рентабельности предприятий. Кроме того, совокупность мероприятий по развитию агропромышленного комплекса, реализуемых Правительством Российской Федерации в последние годы, будет, в целом, способствовать интенсификации производств АПК, улучшению количественных и качественных показателей отрасли, что, в свою очередь, отразится на конкурентоспособности продукции на зарубежные рынки сбыта [7].

На рынке представлено множество видов крахмала, однако, самыми распространёнными являются: картофельный и кукурузный. С каждым годом их объем продаж увеличивается, следовательно, объем производства увеличивается в зависимости от этого фактора. Так как крахмал нашел широкое применение в различных отраслях промышленности: в пищевой, фармацевтической, текстильной, целлюлозно-бумажной, химической и др. [8].

Однако в ближайшие годы мировой рынок крахмала будет расти в первую очередь за счет расширения его применения в пищевой, прежде всего хлебопекарной промышленности, где его использование позволяет снизить себестоимость хлебобулочных изделий, а также при производстве набирающих популярность замороженных продуктов питания.

Например, в 2016 – 2017 гг., по данным аналитиков, в среднем около 54 % всех продаж крахмала в мире приходилось на картофельный крахмал. Второе место по данному показателю занимал тапиоковый крахмал – около 32 % продаж данной продукции в мире. На долю кукурузного крахмала приходилось порядка 7 % всех продаж, на долю пшеничного крахмала – около 5 %. Оставшаяся доля продаж приходилась на прочий крахмал. Данные представлены на рисунке 2 [9].

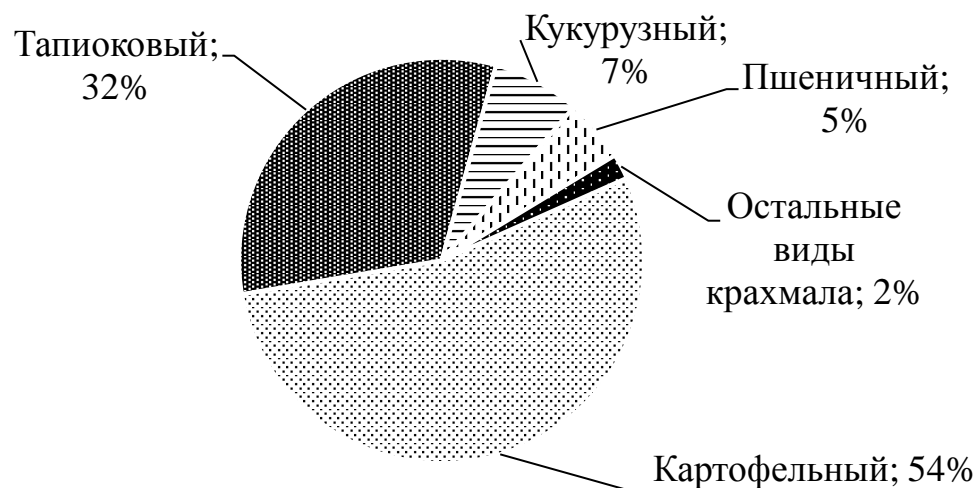


Рисунок 2 – Основные виды крахмала на мировом рынке

Кроме того, свойства крахмала определяются видом сырья, из которого он получается и согласно данным аналитиков большую долю на рынке занимает картофельный крахмал.

1.2 Классификация и характеристика ассортимента крахмалов

Все крахмалы подразделяются на природные (нативные) и рафинированные.

Природный крахмал состоит из двух различных фракций, отличающихся по своему строению и свойствам: из 25 % амилозы и 75 % амилопектина.

Рафинированный крахмал – это природный крахмал, очищенный от примесей, белый порошок без запаха и вкуса. Его производят из крахмалосодержащих растений путём измельчения, уваривания и очищения. Содержится в муке, хлебе, макаронных изделиях, продаётся как самостоятельный продукт.

Также классификация крахмала осуществляется по типу вырабатываемого сырья. Данная классификация представлена на рисунке 3 [12].



Рисунок 3 – Классификация крахмала по исходному сырью

Пшеничное зерно является наиболее древним видом сырья для производства крахмала. При использовании такого сырья вырабатывают пшеничный крахмал. Одним из основных видов сырья для производства крахмала является картофель. Из данного сырья получают картофельный крахмал. Тапиоковый крахмал является аналогом картофельного и производится в Азии из корня бобовой культуры кассавы (маниоки). Зерна кукурузы используют для производства кукурузного крахмала. При переработке риса получают дробленка и мука. Они являются наиболее подходящим сырьем для производства весьма ценного рисового крахмала. Для производства соргового крахмала используют однолетнее растение рода сорго *Sorghum Moench*, который относится к семейству злаковых [12].

По стандарту в зависимости от органолептических показателей, крахмал классифицируется и по качеству:

- крахмал I, II сорта обладает однородным белым цветом. В нем практически отсутствует запах;
- в крахмале III сорта допускается серый цвет и немного кислый запах [20].

С целью придания определенных свойств, крахмал модифицируют. По способу модифицирования он может быть:

- расщепленный (гидролизированный);

- набухающий;
- замещенный;
- окисленный;
- диальдегидный [13].

Модифицированный крахмал – это специально обработанный крахмал, который благодаря своим свойствам лучше усваивается.

Крахмал, использующийся в пищевой промышленности, может обладать и нативными свойствами, и иметь различные модификации свойств нативных растительных крахмалов. Модифицированный крахмал относят к пищевым добавкам и в процессе модификации изменяют одну или несколько характеристик. Это изменение не является генетическим, поскольку при выращивании генно-модифицированных растений используют современные методы генной инженерии при которых происходят изменения генетического кода. При этом целью генной инженерии является не изменение нативных свойств крахмалов, например: повышение урожайности культур; повышение стойкости выращиваемых растений к различным заболеваниям и вредителям (например, устойчивость картофеля к парше); улучшение вкусовых качеств (например, при селекции новых сортов) и т.п. При модификации готового крахмала улучшается одно из его свойств, например, как загустителя, при этом структура ДНК не затрагивается. Также, химические формулы модифицированного крахмала ничем не отличаются от обычного [5].

Модифицированный крахмал делится на три группы: расщепленный крахмал, эфиры крахмала, набухающий крахмал. В свою очередь эти группы делятся на подгруппы. Схема изображена на рисунке 4 [10].

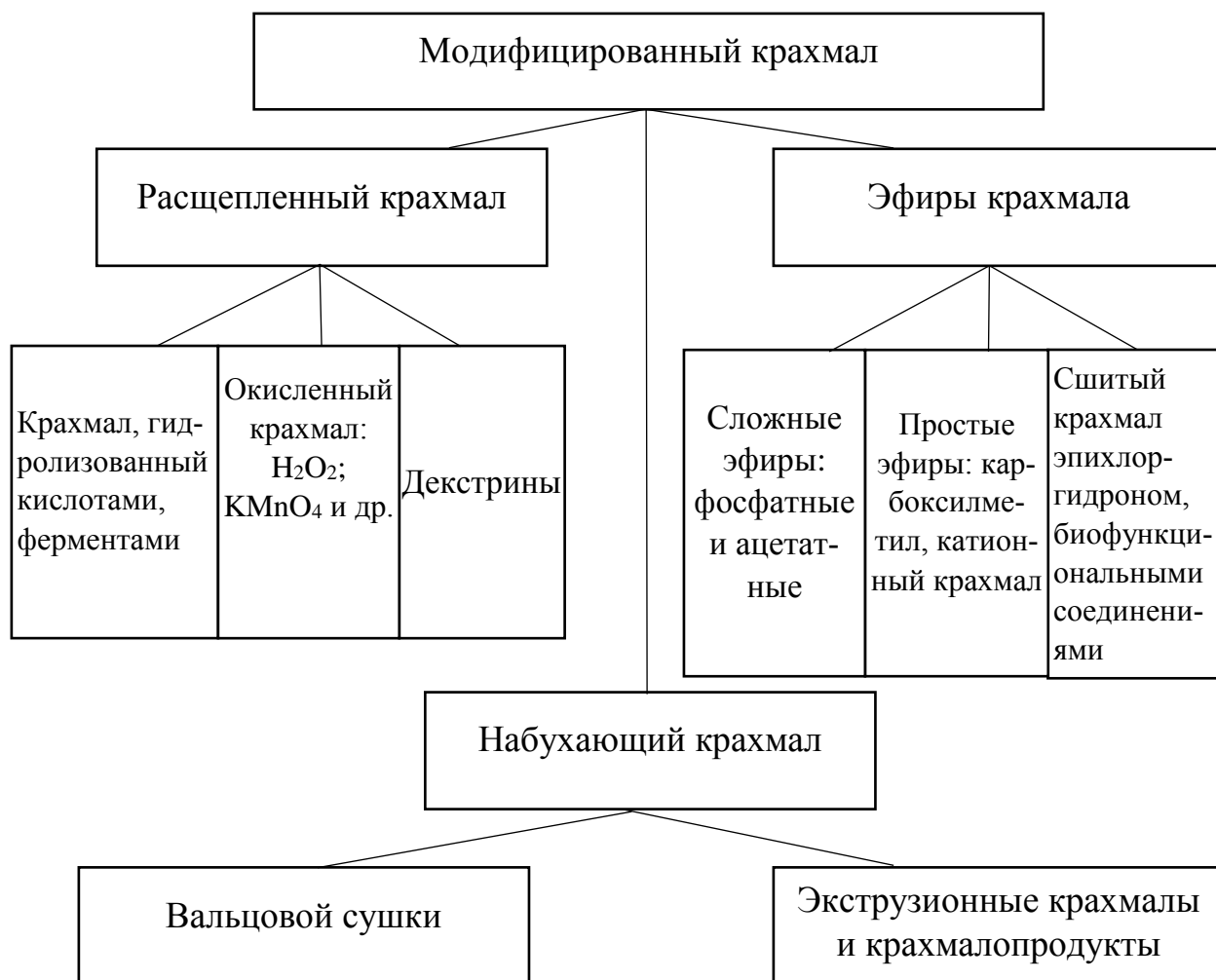


Рисунок 4 – Классификация модифицированного крахмала

Выпускают следующие виды модифицированного крахмала рассмотрим особенности этих крахмалов:

1. Окисленные – эти крахмалы относят к группе модифицированных расщепленных крахмалов. Такие крахмалопродукты отличаются от обычных крахмалов появлением в элементарных звеньях новых функциональных групп – карбоксильных и карбонильных и пониженной молекулярной массой полисахаридов. Снижение молекулярной массы придает окисленным крахмалам способность образовывать клейстеры низкой вязкости, особенно при высокой температуре, поэтому эти крахмалопродукты называют "жидкокипящими". Окисление крахмалов происходит при температуре ниже точки

клейстеризации крахмала, поэтому после обработки зерна крахмала могут быть легко отделены от жидкой фазы, содержащей неорганические вещества [15].

2. Расщепленный крахмал – модифицированный крахмал, полисахариды которого деструктурированы в результате физической, химической, биохимической или комбинированной обработки [11].

3. Эфиры крахмалов – подгруппа эфиров крахмалов включает модифицированные крахмалы в которых к мономерам полисахаридных цепей эфирно присоединены остатки химических веществ – ацетатные фосфатные, оксиэтильные оксипропильные группы и т.д. Сюда же относятся сшитые крахмалы в которых между полисахаридными цепями введен сшивающий радикал дикрахмалфосфаты, адиапаты сшитые эпихлоргидрином. Глюкозные остатки содержат реакционные группы: концевые редуцирующие и спиртовые у второго третьего и шестого атомов. Способность этих групп вступать в химические реакции с различными органическими и неорганическими соединениями используют для производства многих видов простых и сложных эфиров крахмала. Введение в молекулы полисахаридов крахмала даже незначительного количества существенно изменяет свойства клейстеров [14].

4. Набухающие крахмалы – такие крахмалы имеют способность набухать и даже растворяться в холодной воде. Крахмалы, растворимые в холодной воде (инстант-крахмалы), получают нагреванием крахмальной суспензии в условиях, которые обеспечивают быструю клейстеризацию и последующее высушивание клейстера, поэтому такие крахмалы называют также преклейстерными. Такие условия можно получить в вальцовой сушилке или методом экструзии(выдавливанием). Влаготермическая обработка вызывает частичное или полное разрушение структуры зерен крахмала, что обеспечивает существенно большую водопоглощающую способность продуктов по сравнению с исходным крахмалом [12]. Одновременно при повышенной температуре в определенной степени происходит гидролитическое расщепление гликозидных связей, приводящее к появлению карбонильных групп.

5. Экструзия – это технологический процесс, основанный на кратковременном воздействии высоких температур и давления, без использования каких – либо химических реагентов, на нативный крахмал. Такой температурный режим обеспечивает полную стерилизацию продукции, позволяет сохранить в пищевых продуктах максимум полезных свойств. При экструзионной обработке исходного сырья в получаемых изделиях практически полностью сохраняются все витамины, белки растительного происхождения не изменяют своего строения [16]. Крахмал, набухающий экструзионный имеет высокую жиросвязывающую и водосвязывающую способность. Благодаря способности к гелеобразованию, стабильности эмульсии, удержанию жира и влаги его используют в пищевой промышленности, чтобы придать продуктам необходимую текстуру по виду, состоянию, консистенции, влажности, увеличению устойчивости и срока хранения [14].

Таким образом, в настоящее время известно много различных способов модификации крахмала, необходимо рассмотреть факторы его качества.

1.3 Факторы качества крахмала

Факторы качества делятся на формирующие и сохраняющие. Рассмотрим факторы, формирующие качества крахмала. В первую очередь это его химическое строение соотношение в составе амилозы и амилопектина.

Крахмал содержит два типа полимеров: амилопектин и амилоза (рисунок 5). Крахмальные гранулы в холодной воде почти не растворяются, а при нагревании сильно набухают. При продолжительном кипячении примерно 15 – 25 % крахмала переходит в раствор в виде коллоида, который называется амилоза [17]. Остальная часть, амилопектин, не растворяется даже при очень длительном кипячении. Имея линейную структуру, молекулы амилозы легче выстраиваются в ряд, образуя больше водородных связей и давая прочные гели. Следовательно, для такого крахмала потребуется больше энергии чтобы разорвать эти связи и желеобразоваться. Обычно, чем больше содержится амилозы в крахмале, тем выше температура желеобразования. Таким обра-

зом, нативный крахмал, состоящий в основном из амилопектина, имеет высокую вязкость, а крахмал с высоким содержанием амилозы проявляет желеобразующие свойства.

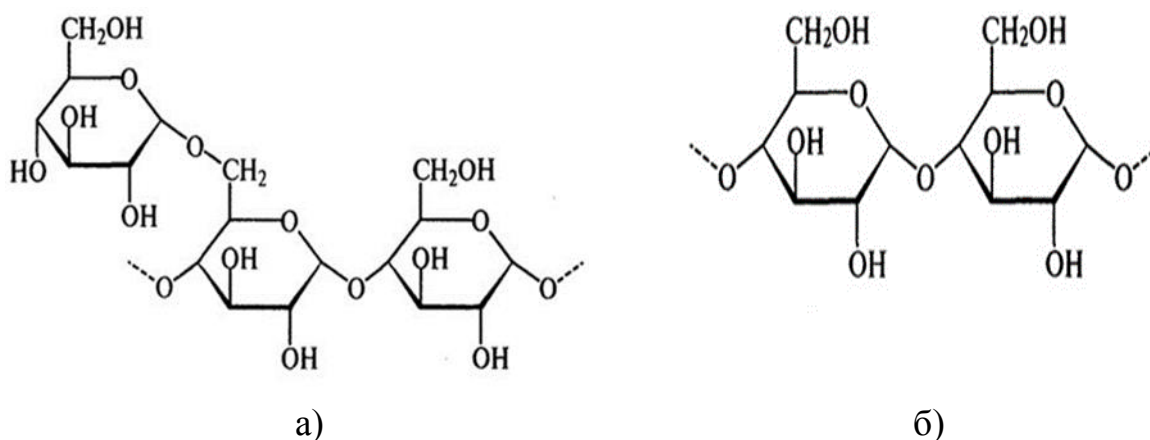


Рисунок 5 – Химическая формула: а) амилопектин; б) амилоза

В то же время молекулы амилопектина неспособны выстраиваться в ряд, так как имеют разветвленную структуру. Поэтому их водородные связи значительно слабее и гели с их участием гораздо менее прочные. С другой стороны, имея разветвленную структуру, амилопектин имеет и гораздо большую молекулу, в отличие от амилозы, это позволяет получать более эластичные гели. Поэтому амилопектин вносит большой вклад в увеличение вязкости, чем амилоза [18].

Как уже было сказано выше крахмал представляет собой природный полимер. Причем крахмал не индивидуальное вещество, а смесь двух полимеров состава $(C_6H_{10}O_5)_n$ – амилозы (10 – 20 %) и амилопектина (80 – 90 %), состоящих из остатков α -D-глюкозы. Для амилозы $n = 200 - 1000$, а для амилопектина – 6000 – 40000. Таким образом, молярная масса амилопектина может достигать 106 г/моль и даже больших значений (106 – 109 г/моль). Амилоза и амилопектин относятся к гомополисахаридам. Амилоза имеет линейное строение, а амилопектин – разветвленное. Особенности пространственного строения амилозы связаны с конфигурацией гликозидной связи. При образовании молекулы амилозы остатки глюкозы связываются между собой аксиальными $\alpha(1 \rightarrow 4)$ – гликозидными связями (рисунок 7) [20].

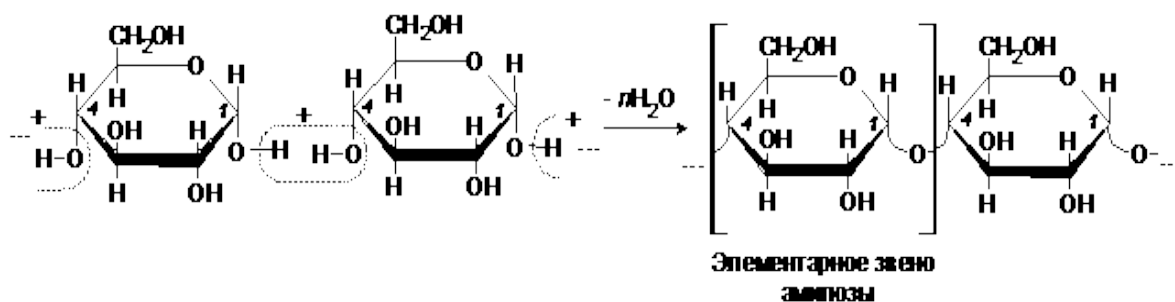


Рисунок 6 – Схема процесса кислотного гидролиза

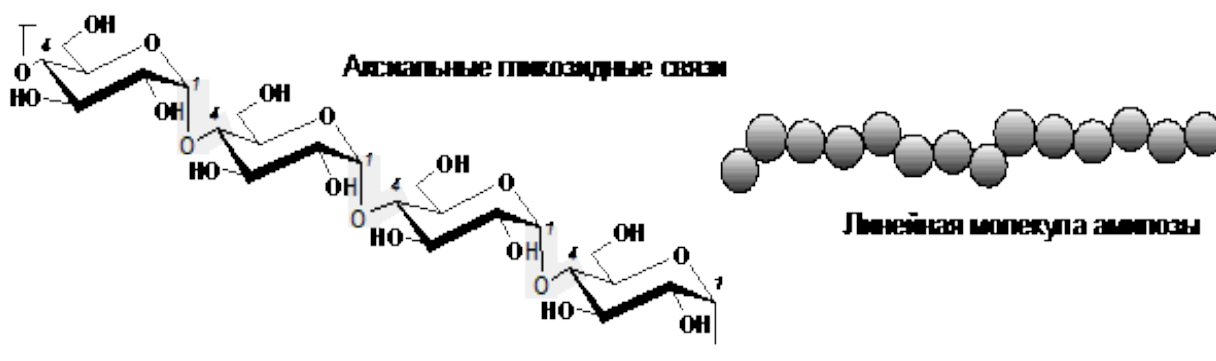


Рисунок 7 – Аксиальные гликозидные связи

Полимерная цепь амилопектина также образована $\alpha(1 \rightarrow 4)$ – гликозидными связями (рисунок 8). Разветвление цепи происходит за счет $\alpha(1 \rightarrow 6)$ – гликозидных связей и наблюдается через 20 – 25 остатков D-глюкозы. В результате молекула амилозы образует спираль, на каждый виток которой приходится 6 остатков глюкозы [19]:

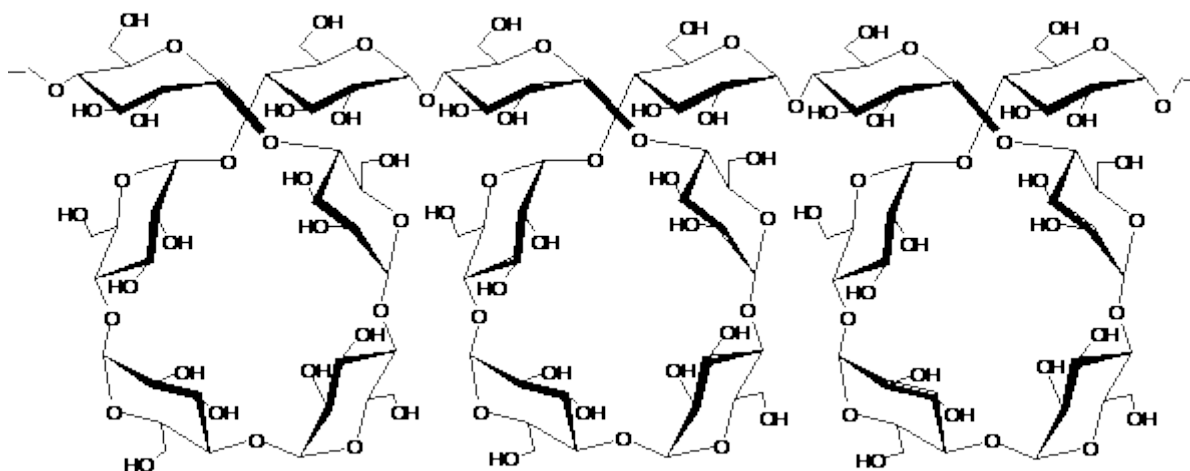


Рисунок 8 – Полимерная цепь амилопектина

Макромолекула амилопектина шарообразна (рисунок 9). Имеются данные о незначительном присутствии (до 1 %) в структуре амилопектина также гликозидных связей $\alpha(1\rightarrow3)$ [20].

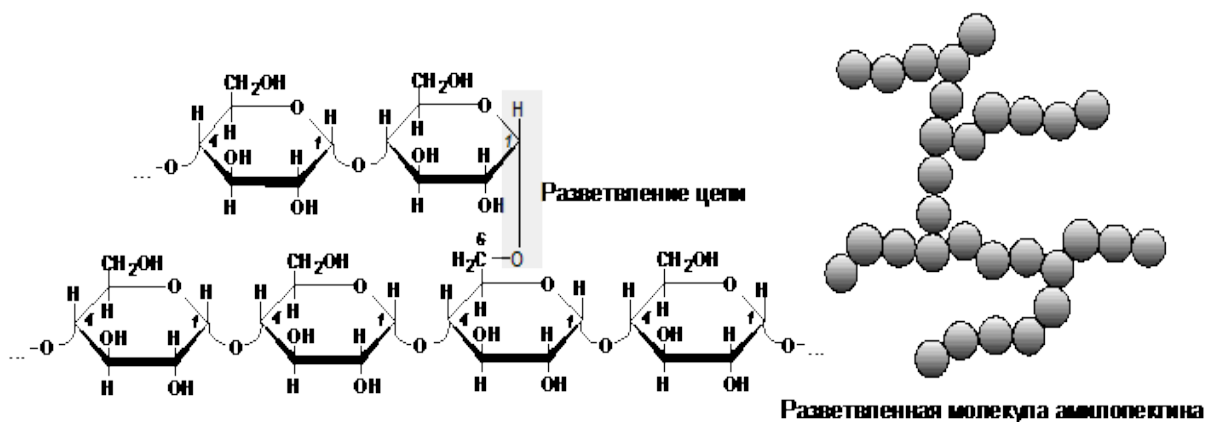


Рисунок 9 – Схема молекулы амилопектина

Один из терминальных (концевых) остатков глюкозы в полимерной цепи является невосстанавливающим, а другой обладает восстановительной активностью из-за циклооксотаутомерии. Однако из-за крайне низкой доли восстанавливающих терминальных остатков глюкозы в крахмале, он не проявляет внешних признаков реакций, характерных для альдегидной формы глюкозы (рисунок 10) [20].

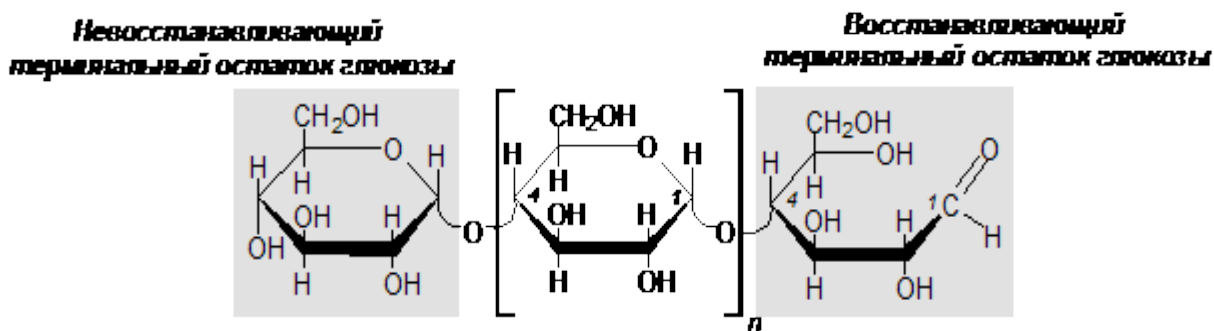


Рисунок 10 – Терминальные остатки глюкозы в крахмале

В целом крахмал – это белое твердое вещество без запаха и вкуса, мало-растворимое в холодной воде, набухающее в горячей с образованием клейстера. Однако растворимость в воде компонентов крахмала неодинакова.

Амилоза хорошо растворяется в теплой воде, а амилопектин – плохо. Он образует коллоидные растворы. На различной растворимости в воде основан метод разделения компонентов крахмала. При растирании крахмала слышится характерный скрип [20].

Крахмал подвергается кислотному гидролизу, который протекает ступенчато и беспорядочно (рисунок 11). При расщеплении он сначала превращается в полимеры с меньшей степенью полимеризации – декстрины, потом в дисахарид мальтозу, и в итоге – в глюкозу. Таким образом, получается целый набор сахаридов [21].

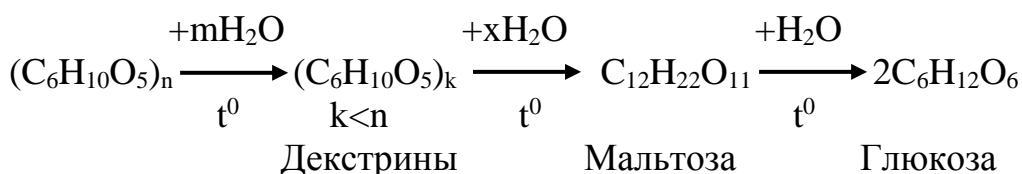


Рисунок 11 – Кислотный гидролиз крахмала

Крахмал гидролизуется ферментом α -амилазой (содержится в слюне и выделяется поджелудочной железой), расщепляющей беспорядочно $\alpha(1 \rightarrow 4)$ – гликозидные связи. β -Амилаза (присутствует в солоде) действует на $\alpha(1 \rightarrow 4)$ – гликозидные связи, начиная с невосстанавливающего терминального остатка глюкозы, и последовательно отщепляет от полимерной цепи молекулы дисахарид мальтозы. Глюкоамилаза (содержится в плесневых грибах), подобно двум другим амилазам, гидролизует $\alpha(1 \rightarrow 4)$ – гликозидные связи, последовательно отщепляя остатки D-глюкозы, начиная от невосстанавливающего конца. Селективное расщепление $\alpha(1 \rightarrow 6)$ – гликозидных связей амилопектина происходит α -1,6 – глюкозидазами, например, изоамилазой или пуллулазой [22].

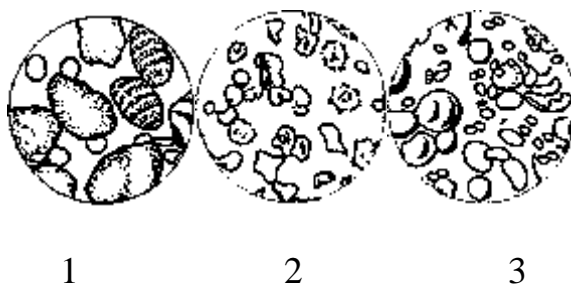


Рисунок 12 – Зерна крахмала из разных природных источников под микроскопом (1 – из картофеля, 2 – из кукурузы, 3 – из пшеницы)

Крахмал широко распространен в растениях и является для них резервным источником энергии. В основном он содержится в клубнях, семенах и корнях в виде зерен. В зависимости от растения, зерна отличаются по форме и размеру (в среднем 0,002 – 0,15 мм). Самыми крупными являются зерна картофельного крахмала. В зерновых содержание крахмала достигает ~ 70 % (в зернах риса до 80 %), в картофеле ~ 20 %. Основными сырьевыми источниками получения крахмала являются картофель и кукуруза (рисунок 12).

Крахмал используют как пищевой продукт, компонент лекарственных средств и для накрахмаливания белья. Его применяют для получения патоки, глюкозы и этилового спирта, а также в аналитической химии для обнаружения йода [20].

Для производства картофельного крахмала используют универсальные сорта картофеля, отличающиеся высокой урожайностью и большим содержанием крахмала [28]. Рассмотрим Средний химический состав клубней картофеля и маниока, семян кукурузы в таблице 2.

Таблица 2 – Средний химический состав клубней картофеля и маниока, семян кукурузы

Наименование сырья	Содержание, %		Состав клубней, % на сухое вещество						
	Вода	Сухие вещества	Крахмал	Белки	Клетчатка	Зола	Жир	Растворимые углеводы	Пектин, пентозаны
Картофель	75	25	74	8	4	4	0,8	3,2	6
Кукуруза	13	87	68 – 73	10 – 13	2,5	1,5	5	3	8
Маниок	14	86	85	2	0,5	0,2	0,46	2,5	5

На качество получаемого крахмала оказывают отрицательное влияние белки, аминокислоты, зольные элементы. Белковые вещества затрудняют промывку крахмала, а также загрязняют его, осаждаясь на поверхности глобул в виде хлопьев. Аминокислоты при окислении образуют темноокрашенные меланины, что увеличивает цветность крахмала. Зольные элементы, переходящие в крахмал из клубня, влияют на его вязкость и клейстеризующую способность [28].

Процессы набухания и клейстеризации крахмала сопровождаются изменением вязкости суспензии и протекают по-разному для различных видов крахмала. Так, высокоамилозные и более крупные гранулы всех видов крахмалов набухают и клейстеризуются быстрее, чем мелкие.

Известно, что у картофельного крахмала фактор набухания выше по сравнению с крахмалом зерновых культур и картофельный крахмал менее устойчив при разваривании.

Отличия в набухающей способности и растворении крахмала, выделенного из различных ботанических культур, вызваны разным содержанием

амилозы и жиров, а также структурой гранул. Амилопектин растворим в воде, а амилоза и сами гранулы крахмала нерастворимы в холодной воде. Амилоза замедляет начальную стадию набухания. Повышение растворимости крахмала, и сопутствующее повышение прозрачности клейстера, обусловлены результатом набухания гранул крахмала, с последующим выделением амилозы в клейстер [28].

Следующим фактором качества крахмала является технология получения его из крахмалосодержащего сырья.

Особенности технологического производства состоят в первую очередь в виде сырья, из которого крахмал получают. Процесс получения картофельного крахмала состоит из следующих операций.

Технология производства специфична при получении крахмала из разного сырья. Общей технологией производства крахмала из всех видов сырья в настоящее время не существует, специфика основывается на природе сырья, из которого крахмал получают [29]. Рассмотрим технологию производства на рисунке 13.

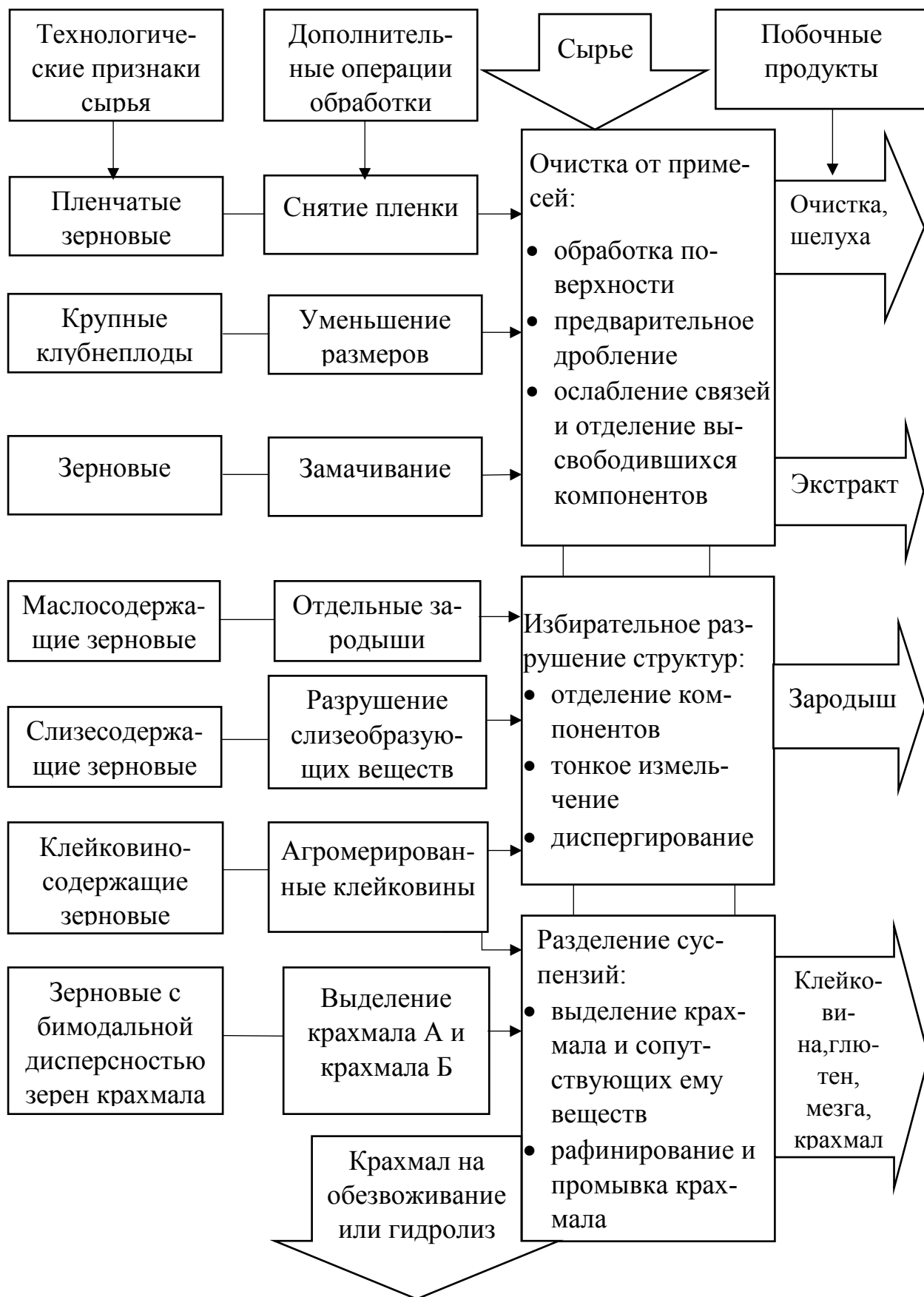


Рисунок 13 – Функциональная схема технологий переработки на крахмал различных видов крахмалсодержащего сырья

Общими технологическими операциями при получении крахмала являются – концентрирование, уваривание и сушка, что связано с удалением из них воды, для более улучшенной выработки в сухом виде корма, глютенa и тд.

На первых этапах производства крахмала такие процессы, как мойка сырья, обработка, измельчение, отделение, промывание и сушка, у всех видов крахмала присутствует. На некоторых этапах есть особые условия, которые нужно соблюдать. Условия сушки значительно влияют на качество готового крахмала. Крахмал, нагреваемый выше 45 – 50 °С, дает клейстеры пониженной вязкости. При температуре 60 – 70 °С сырой крахмал может клейстеризоваться, а при 80 °С зерна сухого крахмала растрескиваются и теряют блеск [30].

Но есть и множество отличий в технологических процессах.

У картофельного крахмала основной технологической операцией, влияющей на потребительские свойства конечного продукта, является выделение крахмала из крахмальной суспензии (молока).

У кукурузного крахмала отличием является отделение крахмала от мезги. Его производят на барабанных ситах с последующей очисткой на рафинировальных ситах. Крахмальное молоко, полученное при промывании кашки, состоит из зерен крахмала, глютенa, водного раствора экстрактивных веществ зерна, мелких частиц мезги, песка. Его пропускают через центробежные сепараторы, при этом более плотные зерна крахмала оседают. Затем крахмал, который перерабатывают так же, как и сырой картофельный крахмал. Получают готовый продукт с влажностью 14 %. Условие, которое нужно соблюдать при очистки зерна для кукурузного крахмала. Очищенное от примесей зерно замачивают в 0,2 – 0,3 %-ном растворе сернистой кислоты при температуре около 50 °С для размягчения и извлечения из него экстрактивных веществ [28].

У тапиокового крахмала в отличии от других видов проходит на стадии получения экстракции. Экстракция проходит на вращающихся конических ситах. Этот процесс требует использования высококачественных фильтровальных пластин, сделанных из коррозионно-устойчивой стали, выдержива-

ющей сильное трение и воздействие химикатов. Пластины имеют высокую перфорацию, около 125 микрон в диаметре. Экстракция экономичный процесс. Особенностью процесса тапиокового крахмала является стадия промывки. Почва, песок, плесень имеют одну плотность или тяжелее крахмала, и невозможно отделить эти частицы от крахмала с помощью центробежной силы. Поэтому так важно отделить как можно большее число загрязнений с поверхности клубней на стадии промывки. Если их начальная концентрация слишком большая, даже светлые и легкие частицы могут остаться и создать условия для закупорки потока [28].

К сохраняющим факторам качества относится: хранение, маркировка, транспортировка.

Хранят крахмал в упакованном виде в сухих, чистых и хорошо проветриваемых складских помещениях, не загрязненных вредителями хлебных запасов, и без посторонних запахов.

Не допускается хранение крахмала совместно с продуктами, обладающими специфическим запахом, так как эти продукты отсыревают и легко воспринимают посторонние запахи.

Важные условия правильного хранения крахмала – поддержание относительной влажности воздуха не выше 70 % и температуры хранения – 10 °С. Срок хранения картофельного и кукурузного крахмала 2 года со дня выработки. Условия хранения должны соблюдаться, потому что увлажненный крахмал плесневеет. Отсыревший крахмал быстро слеживается, приобретает затхлый запах и повышенную кислотность [27].

Транспортная маркировка крахмала предусматривает наличие знака «Бойтсы сыросты». На каждом мешке должен быть ярлык, который прошивается одновременно с зашивкой мешка. На ящиках должны быть наклеены бумажные этикетки. На ярлыках, этикетках и пакетах должны быть маркировка, содержащая следующие сведения:

- наименование и вид продукта;
- сорт (при наличии);

- наименование и местонахождение изготовителя [юридический адрес, включая страну, и, при несовпадении с юридическим адресом, адрес(а) производств(а)] и организации в Российской Федерации, уполномоченный изготовителем на принятие претензий от потребителей на ее территории (при наличии);

- товарный знак изготовителя (при наличии);
- пищевая ценность;
- состав продукта;
- дата изготовления;
- масса нетто;
- условия и срок хранения;
- дата упаковывания;
- обозначение документа, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт;
- информация о подтверждении соответствия.

Транспортирование крахмала производят всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах, а также в контейнерах в соответствии с правилами перевозок на данном виде транспорта. Крахмал не разрешается транспортировать в тех транспортных средствах, где ранее перевозились резко пахнущие или ядовитые грузы, а также вместе с продуктами, которые имеют специфический запах [11, 27].

1.4 Анализ современных способов модификации крахмала

В настоящее время помимо традиционного получения крахмала, также активно развиваются различные модификации крахмала, с целью придания определенных свойств. В частности, авторами Беркманс Марк Чарльз Флорент, Сиваслигил Доган Сахин, был предложен патент RU №2390528 «Способ модификации крахмала или производных крахмала». В котором ими предлагается обработка крахмала, процесс проводят в течение 1 – 60 минут

при температуре 50 – 220 °С. В результате чего, по мнению авторов, повышается эффективность процесса модификации крахмала или его производного и упрощение способа производства. [31].

Один из способов изготовления модифицированного крахмала, состоит в его декстринировании и включающий тщательное замешивание крахмала с растворами солей двух- или трехвалентных металлов, высушивание и нагревание при 150 – 160 °С в течение 1 – 2 ч. В зависимости от продолжительности и температуры высушивания получают крахмал, растворимый в холодной или горячей воде, причем растворы обладают различной вязкостью, клеящей или прилипающей способностью [2].

Еще одно уникальное свойство крахмала – клейстеризация. Этот сложный процесс идет в три этапа и происходит в присутствии воды при нагревании крахмала. На первом этапе крахмальные зерна набухают за счет присоединения к ним небольшого количества воды. На этом этапе процесс клейстеризации обратим. На втором этапе клейстеризации происходит сильное набухание зерен при повышении температуры, они присоединяют большое количество воды и увеличиваются в объеме во много раз. На этом этапе стадия клейстеризации уже необратима. На последнем, третьем этапе из зерен извлекаются растворимые полисахариды, и они теряют форму. При этом получается клейстер в виде золя или геля, исходя из соотношения крахмала и воды (например, густые кисели с 6 – 8 %-ным содержанием крахмала относятся к прочным гелям). Чтобы предотвратить старение заклеястеризовавшегося крахмала изделия из него выдерживают в горячем состоянии до момента их употребления. Крахмальные гели различной вязкости служат основой для киселей, супов-пюре и соусов. Для ягодных киселей пригоден картофельный крахмал, образующий прозрачный, почти бесцветный гель. Для молочных киселей можно применять маисовый крахмал, дающий непрозрачный молочно-белый гель. Следовательно, можно говорить о процессе клейстеризации нативного крахмала, как о важном свойстве, которое позволяет расширить

его применение в пищевой промышленности, а при его модификации, получать крахмалы с высокой степенью клейстеризации [32].

Еще один способ получения модифицированного крахмала был запатентован учеными Тюревым Е.П., Зверевым С.В., Цыгулевым О.В. Данный способ получения крахмала включает предварительную обработку нативного крахмала и формирование крахмала-экструдера, при этом предварительную обработку ведут раствором крахмального клейстера или желатина, а крахмал-экструдер подвергают вторичному нагреву с использованием в качестве источника тепла ИК-излучателя. При этом используют 0,3 – 0,7 %-ный водный раствор крахмального клейстера или желатина, а вторичный нагрев осуществляют при температуре 15 – 18 °С. Данный способ позволяет обеспечить высокую степень клейстеризации, содержание декстринов и набухаемость крахмала, что положительно сказывается на его питательных свойствах и усвояемости организмом (патент № 2078087) [23].

Способ получения модифицированного крахмала, разработанный и запатентованный группой ученых из России, Белоруссии и Казахстана, авторами которого являются Литвяк Владимир Владимирович, Тарасенко Николай Владимирович, Росляков Юрий Федорович, Кудинов Павел Игнатьевич, Оспанкулова Гульназым Хамитовна. Патент предусматривает предварительную обработку нативного крахмала и формирование крахмала-экструдера. Причем нативный крахмал выбирают из картофельного, тапиокового, кукурузного, пшеничного, ржаного, тритикалевого, ячменного, рисового, соргового, амарантового, гречишного, овсяного, горохового, нутового и бананового или их смесей, смешивают с нанопорошком серебра, золота, меди, цинка, железа, молибдена, кобальта, вольфрама, титана, никеля, алюминия, магния, свинца, олова, германия, гадолиния, платины, кремния и подвергают одно- или многократной обработке в шаровой коллоидной мельнице или подвергают одно- или многократной экструзионной обработке. Причем экструзионная обработка может быть холодной, и/или горячей, и/или высокотемпературной. Холодную экструзионную обработку осуществляют при температуре ниже или

равной температуре клейстеризации крахмала и составляющей не более 50 °С, влажности более 28 % и давлении менее 10 МПа. Горячую экструзионную обработку осуществляют при температуре, выше температуры клейстеризации крахмала, но не более 120 °С влажности 24 – 30 % и давлении 9 – 12 МПа. Высокотемпературную экструзионную обработку осуществляют при температуре более 120 °С, влажности 14 – 20 % и давлении 12 – 20 МПа, после чего полученный экструдер измельчают. Изобретение позволяет разработать высокоэффективный способ получения модифицированного крахмала с хорошими потребительскими свойствами [2].

В таблице 3 приведены основные способы модификации крахмала, применяемые в настоящее время.

Таблица 3 – Основные способы модификации крахмала, применяемые в производстве

Модификация	Цель	Преимущества использования
Стабилизация	Предотвращение сжатия крахмальной гранулы и обеспечение стабильности при низких температурах	Превосходная стабильность при охлаждении и замораживании/оттаивании для продления срока хранения
	Понижение температуры клейстеризации	Облегченное приготовление составов с большим содержанием сухих веществ
Сшивание	Укрепление крахмальной гранулы	Повышенная стойкость к нагреву, действию кислоты и сдвигу
	Замедление процесса повышения вязкости сдерживанием набухания гранул	Производственная эффективность: увеличенная тепловая проницаемость позволяет сократить продолжительность процесса

Окончание таблицы 3

Модификация	Цель	Преимущества использования
Обработка кислотой	Понижение вязкости и повышение прочности геля	Улучшение текстуры при более высоких концентрациях крахмала
Биохимическая модификация	Обеспечение различной вязкости, прочности геля с термообратимостью и подслащиванием	Улучшение текстуры и реологических свойств
		Экономичный диспергирующий агент
Декстринизация	Расщепление и перегруппировка крахмальной молекулы для обеспечения пониженной вязкости и повышенной растворимости; сохранение стабильной вязкости в разных системах	Облегченная обработка или применение повышенных дозировок по сравнению с нативным крахмалом для достижения заданного результата
Преклейстеризация	Физическая модификация нативного крахмала с формированием способности набухать и растворяться в холодной воде с образованием клейстеров	Способность к загущению в холодной воде освобождает от необходимости дополнительной температурной обработки, что очень удобно и экономически выгодно
Окисление	Введение карбонильных и карбоксильных групп, повышающих прозрачность и снижающих ретроградацию готовых крахмальных клейстеров	Улучшение адгезии покрытий
		Создание пластичных стабильных гелей при более высоких концентрациях

Стабилизация важнейшая модификация крахмалов, используемая вместе со сшиванием. Главная цель стабилизации – это предотвращение ретроградации и увеличение срока годности благодаря устойчивости к измене-

ниям температуры, таким как циклы замораживания – оттаивания. При этой модификации в крахмале происходит замена на массивные группы, которые занимают пространство и затрудняют (пространственное затруднение) попытки диспергированных (обработанных в процессе приготовления) линейных участков молекул заново выравниваться и подвергаться ретроградации. Эффективность стабилизации зависит от количества и качества замещающих групп. Из этих групп два вида – гидроксипропилированный и ацетилованный – были одобрены для пищевой промышленности. Степень замещения – это количество заместителей, приходящихся на 100 остатков ангидроглюкозы. Наиболее выгодными с коммерческой точки зрения являются крахмалы с степенью замещения менее 0,2 (т.е. 2 заместителя на 10 звеньев ангидроглюкозы). По мере возрастания степени замещения крахмала, крахмальные взаимодействия в грануле ослабевают, и, следовательно, гидратация и желирование непосредственно достигаются при более низких температурах. Такие крахмалы, благодаря простоте приготовления, являются наиболее удобными для использования в средах с низкой влажностью и в средах, где уровень влажности ограничен условиями применения других ингредиентов [32].

Сшивание является самой важной химической модификацией в производстве крахмала. Суть сшивания заключается в том, что водородные связи между цепями крахмала заменяются на более сильные, постоянные ковалентные связи. Таким способом снижается скорость набухания крахмальных гранул. Это препятствует расщеплению молекул крахмала при химическом и механическом воздействии или в процессе термического воздействия. Известно, что крахмальная гранула на молекулярном уровне имеет укрепляющие «места стыков», которые расположены хаотично. Самые часто встречаемые сшитые крахмалы это дикрахмаладипаты и дикрахмалфосфаты, которые сшиты через адипатный и фосфатный мосты соответственно; в первом случае мост намного короче, чем во втором. Обычно, одна поперечная связь приходится на 100 – 3000 остатков ангидроглюкозы в молекуле крахмала. С увеличением количества поперечных связей, крахмал становится более ста-

бильным и устойчивым к желеобразованию. В результате модификации, сшитые крахмалы обладают большей устойчивостью к кислотным, тепловым и механическим обработкам, по сравнению с нативными крахмалами [32].

Конверсия – обобщенный термин для нескольких реакций крахмала, при которых происходит разрыв цепи.

Декстринизация – это структурная модификация крахмала. Декстринизация бывает двух видов: деполимеризация и конверсия высокая. Первую модификацию вызывает гидролиз либо при извлечении из крахмала влаги, либо при сухом прокаливании, либо при прокаливании крахмала с добавлением катализатора (кислоты). Благодаря этому образуются полимерные фракции с различной длиной цепи (конверсия низкая). Вторая модификация заключается в формировании разветвленных структур этих фрагментов. Такие крахмалы называются декстринами и пиродекстринами. В зависимости вязкости, растворимости, содержания сахара, цвета, стабильности эти крахмалы делят на белые декстрины, желтые декстрины и британские камеди.

Кислотный гидролиз отличается от декстринизации тем, что он проходит при участии воды. Кислота атакует аморфные области гранул крахмала так, что при нагревании крахмала выше температуры клейстеризации, гранулы мгновенно разрываются. Эффективность тепловой обработки в том, что более низкая вязкость горячих клейстеров, а также благодаря большему количеству маленьких по размеру молекул более прочных, чем необработанный нативный крахмал [33].

Преклейстризация. Эта модификация больше физическая, чем химическая. Некоторые крахмалы проявляют свои свойств лишь при нагревании. Процесс преклейстризации нужен для того, чтоб крахмалы проявляли свои свойства без нагревания. Данный процесс можно применять и к нативным и к модифицированным крахмалам. Эта модификация позволяет растворяться и набухать крахмалам в холодной воде. Суть модификации заключается в том, что крахмал подвергается одновременному нагреванию и высушиванию.

Сушка может быть трех видов: сушка в вальцовой сушилке, экструзия, распылительная сушка.

Окисление. При производстве окисленных крахмалов используют реагент гипохлорит щелочного металла. Это образует две новые модификации: карбоксильную (COOH) и карбонильную (C=O). Окисленные крахмалы, также снижают вязкость горячих клейстеров, это происходит благодаря разрушению крахмала при температуре выше температуры желеобразования [33].

Ферментный гидролиз. Селективный ферментативный гидролиз это одна из разновидностей биохимической модификации. Этот гидролиз очень часто встречается во всех отраслях пищевых производств, так как он многофункционален. От степени модификации ферментами, можно получить крахмалы с различной длиной молекулярной цепи, соответствующей глюкозе, мальтозе, полисахаридам. Для данной модификации используют сочетание разнообразных ферментов. Обычно это амилазы, изо-амилаза, пуллуланаза [34].

Модификация крахмала при помощи сверхвысокочастотного излучения. Нативный крахмал с влажностью от 4 % до 60 % по весу, подвергают СВЧ излучению, с частотой 2450 МГц до 15 минут, при таких условиях, чтобы крахмал не достигал максимальной температуры выше чем 100 °С [4].

Для данной модификации крахмал может быть любого вида: кукурузный крахмал, картофельный крахмал, пшеничный крахмал, крахмал тапиоки, рисовый крахмал, крахмал сорго, восковый кукурузный крахмал и восковый крахмал сорго. Крахмал может быть использован в смеси с другими материалами, например, в виде муки, хотя это не является предпочтительным.

Содержание влаги в крахмале предпочтительно в пределах 10 – 40 % по массе исходного материала. Окончательное содержание влаги неизбежно будет несколько меньше, чем в исходном крахмале, потому что обработка СВЧ включает нагревание, но эффект сушки СВЧ-излучения должна быть сведен к минимуму. Температура крахмала при модификации СВЧ будет расти, но не желательно, чтобы температура была выше 100 °С.

СВЧ излучение имеет частоту в диапазоне от 300 МГц до 300 000 МГц. В этом диапазоне, только определенные специфические полосы разрешены для промышленного использования во многих странах, и они включают 915, 2450, 5800 и 22155 МГц. Частота, соответствующая лучшей активации энергии Н – ОН диполя крахмала цепи частота 2450 МГц. Считается, что это приводит к активации ориентации диполей в области переменного излучения, и что колебание, которое приводит к перерыву лабильных связей, наличие которых делает кристаллические участки гранул крахмала труднодоступными для атаки.

Время, в течение которого необходимо облучать крахмал для получения желаемых характеристик, зависит от различных факторов, включая мощности, доступной на единицу веса крахмала, конфигурация образца, подвергнутого облучению, и температура, до которой можно подвергнуть крахмал. Обычно, время воздействия СВЧ-излучения будет от 20 секунд до 10 или, возможно, 15 минут, предпочтительно менее 5 минут, а часто менее 1 минуты. Фактическая продолжительность облучения СВЧ будет зависеть от влажности образца и мощности СВЧ оборудования [6].

Еще один способ модификации крахмала – обработка крахмальной суспензии при помощи ультразвука. Данным направлением занимаются ученые не только в России, но и во многих других странах мира, в том числе Китае, Индии, США, Австралии т.д.

Ультразвук представляет собой подвид звуковых волн, являются механическими колебаниями с различными длинами волн, распространяющимися в среде [24]. Ультразвук в пищевой промышленности используется для пастеризации, стерилизации и дезинфекции, улучшения органолептических и физико-химических показателей продуктов. Благодаря его колебаниям улучшается качество продуктов, а также улучшаются их технологические процессы изготовления. Так же ультразвук часто применяется для диспергирования продуктов. Целесообразность использования ультразвука на этапе диспергирования объясняется наличием ряда специфических факторов, присущих

ультразвуковым колебаниям, такие как образование микропотоков, разрушающее действие на пограничный слой и клеточную структуру, кавитационный эффект, а также влияние на диффузную проницаемость ткани [25].

Так же ультразвук используется в жидких смесях и различных растворах для изменения плотности, вязкости, проводимости, коэффициента поглощения и других показателей. Очень часто ультразвук используют для улучшения процесса растворения. При воздействии ультразвуком с большой интенсивностью на процесс растворения в жидкой среде возникают кавитация, знакопеременное звуковое давление, способствующее ускоренному проникновению жидкости в трещины и капилляры растворяемого вещества [25].

На сегодняшний день современные технологии наиболее часто основываются на реализации гетерогенных процессов, которые протекают между двумя или несколькими неоднородными средами в системах жидкость – жидкость и жидкость – твердое тело. Это процессы массообмена, процессы диспергирования, разделения жидкостей и суспензий, кристаллизации, предотвращения накипеобразования на поверхностях теплообменных аппаратов и трубопроводов, полимеризации и деполимеризации и других, а также различные химические и электрохимические реакции. Скорость протекания большинства гетерогенных процессов в обычных условиях очень мала и определяется величиной поверхности соприкосновения реагирующих компонентов [35].

1.5 Характеристика технологических свойств и требования к качеству крахмала

В результате технологической обработки крахмал претерпевает определенные превращения, которые можно структурировать следующим образом:

1. Потеря первоначальной структуры зерна крахмала и приобретение после дегидратации новой структуры.

2. Увеличение количества существующих либо возникновение новых функциональных групп, изменение структуры полисахаридных цепей в результате трансгликолизирования.

3. Расщепление (деполимеризация) полисахаридных компонентов крахмала с сохранением или без сохранения зернистой структуры.

4. Одновременная полимеризация структур неполного гидролиза крахмала и иных мономеров (сополимеризация) с образованием новых соединений.

5. Взаимодействие гидроксильных групп крахмала с различными химическими веществами с образованием эфирных связей и присоединением их остатков [37].

Набухающие крахмалы получают полной или частичной клейстеризацией нативного или модифицированного крахмала в воде при нагревании с последующим высушиванием клейстера и измельчением. Они способны набухать в холодной воде, полностью или частично переходить в растворимое состояние. Набухающие крахмалы вводят в сухие смеси мороженого, пудингов, кремов и других изделий быстрого приготовления.

Но наиболее важные факторы, которые определяют качество крахмала, для пищевой промышленности, приведены в таблице 4 [38, 39, 40].

Таблица 4 – Функциональные характеристики крахмала, имеющие значение для пищевой промышленности

Функциональные характеристики крахмала	Фактор, на который они влияют
Специфическая вязкость	Вкусовые ощущения, скользкость, послевкусие
Жидкое кипение	Характеристики суспензии
Устойчивость к обработке кислотой и механическому сдвигу	Клейкость (адгезивность)
Стабильность при замораживании – оттаивании	Кристалличность

Окончание таблицы 4

Функциональные характеристики крахмала	Фактор, на который они влияют
Текстура и консистенция геля при различных температурах	Нейтральный вкус
Прозрачность или матовость	Долгий срок хранения
Устойчивость к условиям переработки	Гигроскопичность
Способность удерживать жиры	Цвет
Устойчивость геля к ретроградации	Неслёживаемость
Свойства текучести гелей	Набухаемость и устойчивость к набуханию
Способность стабилизировать эмульсии	Плёнкообразующие свойства

Основными технологическими свойствами являются: клейстеризация, вязкость, студнеобразующую способность.

Неповрежденные крахмальные зерна нерастворимы в воде, но могут обратимо впитывать влагу и легко набухают. В зависимости от вида крахмала, зерна при набухании увеличиваются до разных диаметров. Например, для обычного кукурузного крахмала – 9,1 %, для восковидного – 22,7 % [38, 39, 40].

Клейстеризация крахмала проявляется при его нагревании в воде. Эта способность к клейстерообразованию обусловлена наличием в нем амилопектина. При нагревании воды зерна крахмала начинают набухать, поглощая воду. Размер зерен увеличивается, возрастает вязкость крахмальной суспензии, зерна теряют свою кристаллическую структуру. При этом, небольшое количество крахмала растворяется в воде. На повышенных температурах зерна, из которых вымылась наиболее растворимая часть крахмала, становятся бесформенными мешочками. Большие крахмальные зерна клейстеризуются при более низкой температуре, чем мелкие. Температуру, соответствующую разрушению внутренней структуры крахмальных зерен, называют тем-

пературой клейстеризации (таблица 5). Она зависит от источника получения крахмала [41].

Таблица 5 – Зависимость температуры клейстеризации крахмала от источника получения

Источник	Содержание амилозы, %	Температуры клейстеризации, °С
Кукуруза	28	62 – 70
Картофель	23	58 – 66
Тапиока	–	52 – 64

Вязкость крахмальных клейстеров имеет очень важное практическое значение. При этом вязкость амилопектиновой фракции выше, чем амилозной, вследствие своего ветвистого строения молекулы амилопектина (внутреннее трение, у растворов с такими объемистыми молекулами больше).

Полученные, с помощью ротационного вискозиметра, кривые вязкости показывают, что сначала увеличение температуры со временем ведет к увеличению вязкости, что связано с набуханием крахмальных зерен (рисунок 14). Затем набухшие крахмальные зерна разрываются и дезинтегрируют, что приводит к уменьшению вязкости. Наклон кривых сильно различается для различных крахмалов [37].

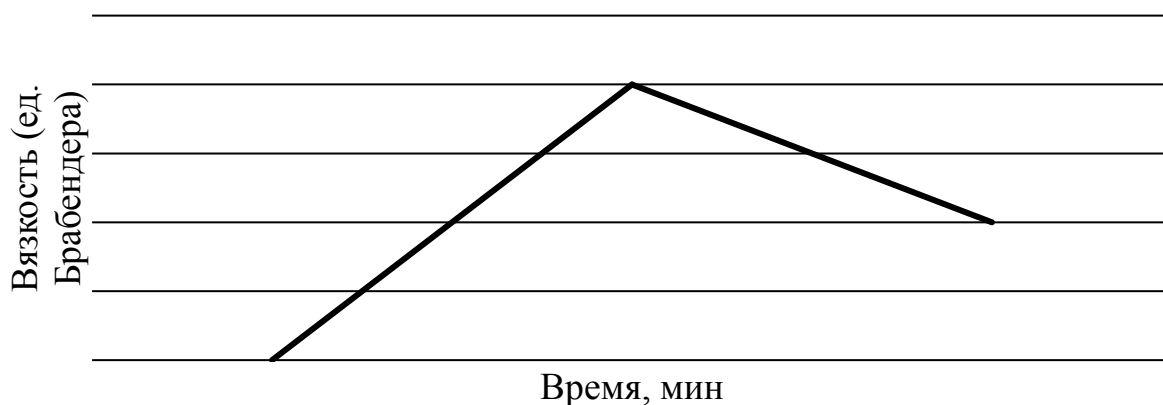


Рисунок 14 – Изменение вязкости в процессе клейстеризации крахмальной суспензии.

Пищевые кулинарные изделия, получаемые из крахмала, такие как соусы, подливки, кисели и пр., должны обладать необходимой вязкостью. Чем большую вязкость имеет клейстер, содержащий определенное количество крахмала, тем меньше его надо расходовать для получения продуктов с требуемой вязкостью. Кукурузный крахмал дает клейстеры со значительно меньшей (в среднем) вязкостью, чем картофельный. Для получения клейстеров с одинаковой вязкостью нужно брать разные количества того или иного крахмала [42].

Клейстеризация крахмала, вязкость крахмальных растворов, характеристика крахмальных гелей зависят не только от температуры, но и от вида и количества других присутствующих компонентов. С этим необходимо считаться, поскольку в процессе производства пищевых продуктов крахмал находится в присутствии таких веществ, как сахар, белки, жиры, пищевые кислоты и вода [43].

Высокое содержание сахара уменьшает скорость клейстеризации крахмала, снижая пик вязкости. Дисахариды, в отличие от моносахаридов, являются более эффективными с точки зрения замедления клейстеризации и сни-

жения пика вязкости. Кроме того, сахара уменьшают силу крахмальных гелей, играя роль пластификатора и вмешиваясь в образование зон связывания.

Липиды – триглицериды, моно- и диглицериды, также оказывают влияние на клейстеризацию крахмала при производстве пищевых продуктов. Жиры, которые могут давать комплексы с амилозой, замедляют набухание крахмальных зерен. Вследствие этого в белом хлебе, в котором мало жира, 96 % крахмала обычно полностью клейстеризовано.

Большие концентрации жира и низкое содержание сахара вносят большой вклад в неклейстеризацию крахмала при производстве пекарских изделий [37].

Моноглицериды жирных кислот приводят к увеличению температуры клейстеризации, увеличению температуры, соответствующей пику вязкости, уменьшению силы геля. Это связано с тем, что компоненты жирных кислот в моноацилглицеридах могут образовывать соединения включения с амилозой, а, возможно, и с длинными внешними цепями амилопектина.

Кислоты присутствуют во многих продуктах, где используется крахмал в качестве загустителя. При низких pH (салатные приправы, фруктовые начинки) имеет место значительное снижение пика вязкости крахмальных клейстеров и быстрое снижение вязкости при нагревании.

Поскольку при низких pH имеет место интенсивный гидролиз с образованием незагустевающих декстринов, необходимо, чтобы избежать кислотного разжижения, использовать в качестве загустителя в кислых продуктах модифицированные поперечно-сшитые крахмалы.

Студнеобразующая способность проявляется при достаточном содержании крахмала в клейстерах, а образование и свойства студней из них зависят, в основном, от амилозной фракции. Известно, что студни образуются в тех случаях, когда молекулы имеют цепочное (линейное) строение.

Образование студней используется, например, при изготовлении киселей, запеканок, конфет, колбас и др.

Свойства крахмальных студней зависят от концентрации крахмала, продолжительности выстойки и других факторов. Прочность студней быстро возрастает при их хранении и выстойке, причем наиболее быстро у концентрированных студней.

Студни из крахмалов разных видов по своим свойствам не одинаковы.

Студни, изменившие первоначальную прочность во время хранения, после вторичного нагревания приобретают ее снова, т. е. явления структурообразования обратимы при нагревании, причем у рисовых и пшеничных крахмалов наблюдается полная обратимость, а у картофельных – ограниченная.

У крахмальных студней, особенно из картофельного крахмала, с течением времени наблюдается синерезис, проявляющийся в том, что в результате уплотнения гелевой структуры выделяется свободная вода на поверхности.

В молекуле крахмала имеется много свободных гидроксильных групп, которые способны вступать в химические реакции со многими соединениями и давать эфиры и различные производные. На этом основано получение различных модифицированных его производных [37].

На технологические свойства и способность сохранять их в течение срока хранения, влияет качество крахмала. Основными требованиями качества крахмала является: внешний вид, цвет и запах.

При идентификации товарного сорта крахмала решающее значение имеет органолептическая оценка цвета, запаха и отсутствие хруста в клейстере.

Цвет является важнейшим показателем, характеризующим крахмал. Он зависит от сорта крахмала, а в пределах сорта – от качества. Поэтому цвет относится к показателям, по которым устанавливают сорт крахмала. Цвет – белый с характерным кристаллическим оттенком для высших сортов картофельных крахмала, обусловленный отражательной способностью крупных крахмальных зерен, для остальных – белый или белый с сероватым оттенком. Доброкачественный крахмал не имеет вкуса, а нем не допускается хруст при разжевывании. Присутствие постороннего привкуса указывает на то, что продукт испорчен [28].

Крахмал имеет слабый запах, обусловленный присутствием летучих веществ. Характерные затхлый и плесневелый запахи в крахмале считаются недопустимыми, так как появляются в результате его порчи (молочнокислом, маслянокислом брожении) либо в результате адсорбции крахмалом посторонних пахучих веществ. Примеси других видов крахмала и соли тяжелых металлов не допускаются.

Внешний вид крахмала характеризуется наличием посторонних механических примесей [28].

Действующий в настоящее время российский стандарт предусматривает различие между товарными сортами крахмала по физико-химическим показателям: по числу темных крапин на 1 дм² поверхности, влажности, зольности, кислотности, массовой доле протеина и диоксида серы. Эти показатели различаются в зависимости от природы крахмала и сортности.

Содержание золы в крахмале и его кислотность – наиболее надежные показатели при экспертизе качества крахмала с целью установления его товарного сорта. Чем чище крахмал, тем меньше он содержит минеральных веществ и кислотных примесей. Последние переходят в готовый продукт из сырья или образуются в результате различных видов брожения как во время производства, так и при хранении.

Дефекты крахмала возникают в основном при нарушении технологии или условий хранения. К ним относятся: наличие механических и посторонних примесей, запаха и вкуса испорченного продукта (брожения), хруста при разжевывании; серый цвет; повышенная влажность; развитие микроорганизмов. Крахмал с наличием таких дефектов используют для технических целей [28].

Таким образом, можно отметить, что рынок постоянно развивается. На рынке представлено множество видов крахмала, и чаще всего вырабатывается в модифицированном виде. В основном крахмал используют как загуститель в производстве соусов, йогуртов, майонеза, кетчупа, мороженого. А также для улучшения качества хлебобулочных и кондитерских изделий. Реа-

лизуется крахмал в торговых компаниях, поэтому рассмотрим деятельность конкретной торговой организации АО Тандер «Магнит».

2. Практическая часть

2.1. Общая характеристика предприятия

Сеть магазинов АО Тандер «Магнит» – одна из ведущих розничных сетей по торговле продуктами питания в России. Розничная сеть «Магнит» работает для повышения благосостояния своих клиентов, предлагая им качественные товары повседневного спроса по доступным ценам. Компания ориентирована на покупателей с различным уровнем доходов и поэтому ведет свою деятельность в разных форматах: магазин «у дома», гипермаркет, магазин «Магнит Семейный» и магазин косметики [45].

Директором предприятия является Калиева Фарида Шингизхановна. Непосредственное подчинение директору несут следующие лица – товаровед, продавцы, кассиры, грузчики, уборщица, подсобные рабочие.

Компания АО Тандер «Магнит» находится по адресу 462435, Оренбургская обл., Орск г, Вокзальное ш, дом18. Основной целью магазина является извлечение прибыли и удовлетворение общественных потребностей. Основными видами деятельности являются: приобретение и реализация товаров. Организации присвоен ИНН 2310031475/231001001, ОГРН 102230159849. Общая площадь территории, занимаемая компанией составляет 468,0 кв. м [46].

Магазины розничной сети АО Тандер «Магнит» расположены в 2 567 населенных пунктах Российской Федерации. Зона покрытия магазинов занимает огромную территорию, которая растянулась с запада на восток от Брянска до Красноярска, а с севера на юг – от Мурманска до Владикавказа. Большинство магазинов расположено в Южном, Северо-Кавказском, Центральном и Приволжском Федеральных округах. Также магазины «Магнит» находятся в Северо-Западном, Уральском и Сибирском округах. Магазины розничной сети «Магнит» открываются как в крупных городах, так и в небольших населенных пунктах. Около двух третей магазинов компании работает в городах с населением менее 500 000 человек [45].

Эффективный процесс доставки товаров в магазины возможен благодаря мощной логистической системе. Для более качественного хранения продуктов и оптимизации поставки их в магазины, в компании создана дистрибьюторская сеть, включающая 35 распределительных центров. Своевременную доставку продуктов во все магазины розничной сети позволяет осуществить собственный автопарк, который насчитывает около 6000 автомобилей. Кроме того, розничная сеть «Магнит» является крупнейшим частным работодателем в России. Общая численность сотрудников компании составляет более 280 000 человек. Компании неоднократно присуждалось звание «Привлекательный работодатель года» [45].

Также, маркетинговый отдел предприятия занимается выбором рынка, разработкой стратегии и разнообразных тактик маркетинга, разработкой маркетинговых планов и их реализацией, установлением качества товаров.

Для стимулирования сбыта товаров в магазине «Магнит» проводятся акции:

«Товар недели» – предусматривает снижение цен до 55 % на ряд привлекательных для покупателя позиций. Снижение складывается из эксклюзивной скидки поставщика и собственного снижения сети. Длительность каждого акционного периода – 2 недели (со среды по вторник).

«Желанные скидки» – предусматривает снижение цены на 10 – 20% на товары определенной категории через Кассовый Модуль, проходит с понедельника по пятницу автоматически.

«Праздничные будни» – предусматривает снижение цены на 10 – 20% на товары определённой категории через Кассовый Модуль, проходит с понедельника по пятницу автоматически.

«Лучшая цена» – предусматривает иметь в основных группах самую низкую цену на определенные позиции в сравнении с конкурентом.

«Кассовый модуль» – при покупке одинаковых позиций покупатель берет эту же позицию в подарок или другую согласно акции [46].

Следовательно, проходит подготовка к акциям в магазине «Магнит»:

1. Проведение собрания с персоналом, доведение важности и значимости данной акции до каждого сотрудника, не менее, чем за 3 дня до проведения акции.

2. Получение и размещение РИМ на магазине: СВ за три дня до проведения акции обеспечивает сектор РИМ.

3. Проведение выкладки акционного товара на стеллажах и оформление промомест.

4. Составление и соблюдение графика разноса листовок.

5. Размещение акционных ценников, выделение позиций топперами. Контроль соответствия цен и наличие топперов на всем этапе проведения акции.

6. Проверка действия скидки на кассах до открытия ММ [46].

Таким образом, магазин «Магнит» одна из ведущих компаний России. Магазин предоставляет широкий ассортимент товаров как продовольственных, так и непродовольственных. Следовательно, рассмотрим технологические процессы, осуществляемые на предприятии.

2.2. Технологические процессы, осуществляемые на предприятии

Основными технологическими процессами, осуществляемые на предприятии являются: порядок поставки, приемка товаров, реализация, хранение.

Рассмотрим одну из важнейших составляющих частей технологического процесса магазина – порядок поставки и приемки товаров.

Порядок поставки товара

Товар поставляется по адресу доставки: магазин «Магнит» указанным в соответствующем заказе на партию товара. При заказе товара на магазин «Магнит» поставщик своими силами доставляет товар.

Поставка осуществляется технически исправными транспортными средствами, с ненарушенной целостностью грузового фургона, относящегося к типу: тент, термичный фургон, рефрижераторный фургон. Транспортное средство обеспечивает требуемый температурный режим транспортировки продукции до момента выгрузки на магазин, также транспортное средство

обеспечивает возможность выгрузки товара с задней стороны. Полы в фургоне сухие и ровные, не имеют повреждений. Погрузочная высота стандартного автомобиля должна быть не менее 1200 мм, но не более 1800 мм, внутренняя ширина грузовой платформы должна быть не менее 1750 мм. Паллеты в транспортном средстве должны располагаться в один ярус (двухъярусное расположение паллет не допускается). В случае доставки товара с использованием транспортного средства несоответствующего характеристикам, указанным в настоящем пункте, магазин отказывает поставщику в принятии товара [47].

Поставщик поставяет товар в срок, указанный в договоре с магазином.

Приемка автомобилей производится ежедневно с 07:00 до 17:00 часов.

Например, крахмал, товар стеллажного хранения – приемка с 13:00 до 17:00 часов.

Несоблюдение времени прибытия и регистрации автомобилей расценивается как нарушение согласованного срока/графика поставок.

В целях создания условий для своевременной и правильной приемки товаров магазином, поставщик обязуется обеспечить соблюдение правил маркировки грузов, установленных действующим законодательством РФ.

Поставщик передает надлежащим образом оформленные в соответствии действующим законодательством оригиналы коммерческих и товаросопроводительных документов:

- накладная;
- счет-фактура;
- ТТН;
- сертификат соответствия.

Приемка товаров

Приемка товаров осуществляется в магазине лицами, на которых возлагается материальная ответственность за товары и тару, в магазине. Эти работники знают правила и сроки приемки товаров, порядок документального оформления результатов приемки в случаях выявления расхождений по ко-

личеству или качеству товаров, порядок и сроки уведомления о вызове представителями поставщика. Приемка товаров в магазине осуществляется последовательно и одновременно с разгрузкой товаров. Чаще всего осуществляют прием товара директор, либо товаровед [47].

Приемка товаров осуществляется на площадке приема товара, очищенной от снега и льда при естественном освещении.

Ответственное лицо принимает товар по товарнотранспортным и товаросопроводительным документам поставщика: путем подсчета количества товара, осмотра маркировки на таре, видимым недостаткам упаковки товара.

Ответственное лицо вправе непосредственно при передаче товара осуществить выборочную проверку товара путем частичного вскрытия тары, подсчета и осмотра части тарных мест и единиц товара [47].

При выявлении несоответствий условиям заявки и настоящего договора, ответственное лицо имеет право отказаться от соответствующей части партии товара, в которой были выявлены нарушения, а, в случае обнаружения таких несоответствий более чем в 10 % партии товара, ответственное лицо имеет право отказаться от принятия всей партии товара, либо принять такой товар и сделать соответствующую отметку о составленном Акте в накладной / УПД / ТТН.

В магазине «Магнит» реализация товаров происходит путём самообслуживания. Самообслуживание представляет собой такой метод продажи, при котором товары открыто выложены в торговом зале на стеллажах, и покупатели имеют к ним свободный доступ.

Хранение товаров в магазине организуется таким образом, чтобы товары сохраняли свои первоначальные качества и свойства, а также обеспечивалась количественная сохранность товаров.

Все товары, поступающие в магазин, по своим свойствам неодинаковы и требуют различных условий хранения. В магазине «Магнит» не предусмотрены специальные помещения для различных товаров с учетом температурного режима. Есть отдельный склад, где хранятся не портящиеся продукты.

А товары для которых предусмотрен специальный режим, выкладывается сразу после приемки. Но при этом на складе соблюдается товарное соседство, отдельно хранятся продукты легко воспринимающие запахи (сливочное масло, кондитерские изделия, мука) и остропахнувшие (сыры, копчености, сельдь). Товары, легко поглощающие влагу (соль, сахар), не хранят с товарами, содержащими ее в большом количестве (овощи, фрукты).

2.3. Охрана труда, осуществляемая предприятием

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Для обеспечения права работника на безопасные и здоровые условия труда действует Конституция РФ от 12.12.1993 г., Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 г. и ФЗ «Об основах охраны труда в РФ» от 17.06.1999 г., которые являются основополагающими законодательными документами в области охраны труда [46].

Основными направлениями магазина «Магнит» в области охраны труда являются:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- реализация федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации в области охраны труда, а также федеральных целевых, ведомственных целевых и территориальных целевых программ улучшения условий и охраны труда;
- управление охраной труда на предприятии;
- содействие общественному контролю за соблюдением прав и законных интересов работников в области охраны труда;
- профилактика несчастных случаев и повреждения здоровья работников;

- защита законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- установление компенсаций за тяжелую работу и работу с вредными и (или) опасными условиями труда;
- координация деятельности в области охраны труда, охраны окружающей среды и других видов экономической и социальной деятельности;
- создание безопасных условий труда, разработку и внедрение безопасных техники и технологий, производство средств индивидуальной и коллективной защиты работников;
- установление порядка обеспечения работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателей.

Охрана труда и техника безопасности на предприятии взаимосвязаны. Техника безопасности представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий. Именно эти мероприятия обеспечивают создание условий для снижения риска получения травм на предприятии. Производственный травматизм неизбежен при несоблюдении гигиенических норм условий труда, а также требований охраны труда и техники безопасности на рабочем месте [46].

В магазине «Магнит» принимаются меры к тому, чтобы труд работающих был безопасным, и для осуществления этих целей выделяются большие средства. Все мероприятия по охране труда и технике безопасности, разработаны по Трудовому Кодексу РФ, где описываются все нормативно-правовые требования к условиям труда на рабочих местах.

Обучение и инструктаж по безопасности труда магазина "Магнит" носит непрерывный многоуровневый характер. Учет лиц, прошедших инструктаж и обучение, ведется в специальном журнале.

По характеру и времени проведения инструктажи делятся на:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Вводный инструктаж – проводится со всеми принятыми впервые на работу.

Первичный на рабочем месте – до начала производственной деятельности на рабочем месте: со всеми принятыми на предприятие, при переводе из одного рабочего места на другое, при выполнении новой работы, с командировочными, временными, со строителями, со студентами, учащимися.

Повторный инструктаж – проходят все рабочие не реже одного раза в полугодие.

Внеплановый – проводят при введении новых правил, стандартов, инструкций; при изменении технических процессов, замене оборудования или других факторов; при нарушении требований безопасности, которые могли привести к травме, аварии и так далее; по требованию органов, при перерывах в работе в один год, а при повышенных требованиях безопасности при перерыве более 6 месяцев.

Целевой – проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями (погрузки, выгрузки и т.д.), при проведении работ, на которые направлено ряд допусков, разрешение и другие документы, при проведении экскурсий, массовых мероприятий.

Инструкции по охране труда в магазине "Магнит" являются важным элементом обучения и обеспечения безопасности труда.

Во всех производственных, административных, складских и вспомогательных помещениях на видных местах находятся таблички с планом эвакуации, утвержденные противопожарной инспекцией и директором магазина. Все помещения оборудованы первичными средствами пожаротушения. К

зданиям, оборудованию и инвентарю обеспечен свободный подход. Курение на территории магазина строго запрещено, кроме мест, специально отведенных для курения.

В случае пожара в магазине имеются эвакуационные выходы. Они ведут из помещений магазина непосредственно наружу. Все помещения магазина оборудованы системой пожарной сигнализации, представленной датчиками дыма.

Каждый работник магазина при обнаружении пожара или признаков горения обязан действовать согласно «Инструкции о мерах пожарной безопасности и действиях по время пожара»:

- при возникновении аварийной ситуации на оборудовании немедленно отключить его и сообщить об этом администрации;
- при возникновении признаков загорания (запаха гари, дыма) немедленно отключить оборудование от электросети, применять меры для ликвидации очага загорания средствами, имеющимися на предприятии (песок, огнетушитель и т.д.). Поставить в известность администрацию. При невозможности устранить собственными силами вызвать пожарную службу;
- принять меры для предотвращения травмирования и гибели людей;
- в случае травм или других повреждений здоровья уметь оказать доврачебную помощь, направить пострадавшего в травмпункт или вызвать скорую помощь [46].

Исходя из этих данных, мы можем сделать вывод о том, что руководство компании «Магнит» выполняет все меры по обеспечению безопасности сотрудников, что в свою очередь способствует сокращению несчастных случаев на предприятии. Необходимо рассмотреть ассортимент продукции реализуемого в магазине «Магнит».

2.4. Анализ ассортимента продукции

Основная сфера деятельности: розничная торговля. Сфера деятельности: торговля продовольственными и непродовольственными товарами. Основ-

ные товары: продовольственные и непродовольственные товары. Ассортимент реализуемой продукции: консервы, молочные продукты, пищевые масла, безалкогольные напитки, алкогольные напитки, сахар, кондитерские изделия, шоколад, кофе, чай, какао, пряности, рыба, морепродукты, готовые пищевые продукты, детское и диетическое питание, мучные изделия, мука, макаронные изделия, крупы, соль, чистящие средства, замороженные продукты, напитки и табачные изделия. Исходя из данных статистики предприятия по продаже тех или иных изделий, можно построить следующую сводную диаграмму.

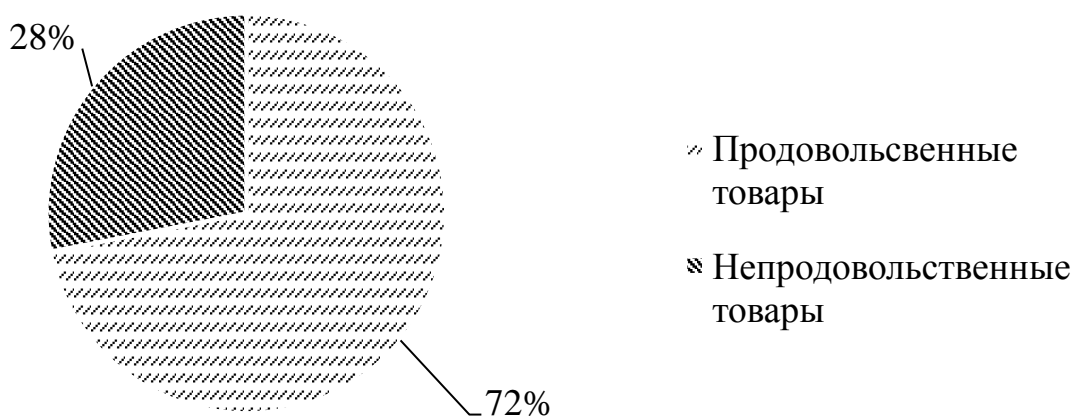


Рисунок 15 – Общая структура ассортимента АО Тандер «Магнит»

Мы видим, что ведущее направление на предприятии АО Тандер «Магнит» занимают продовольственные товары. Это не удивительно, ведь их ассортимент очень разнообразен. Например, крахмал, продукт используется в различных пищевых производствах и в кулинарии в качестве загустителя. Ассортимент разнообразен и доступен каждому покупателю. Так как объектом является крахмал, рассмотрим ассортимент крахмала, реализуемого в магазине «Магнит» по видам.

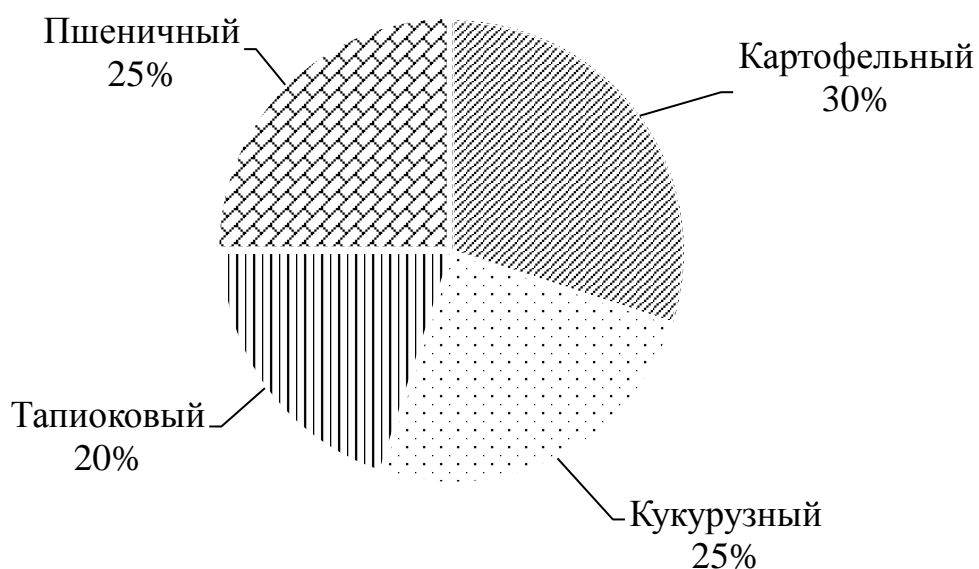


Рисунок 16 – Виды крахмала, реализуемого в магазине «Магнит»

Большую долю в ассортименте занимает картофельный крахмал, это обусловлено тем, что он выпускается большим количеством компаний изготовителей.

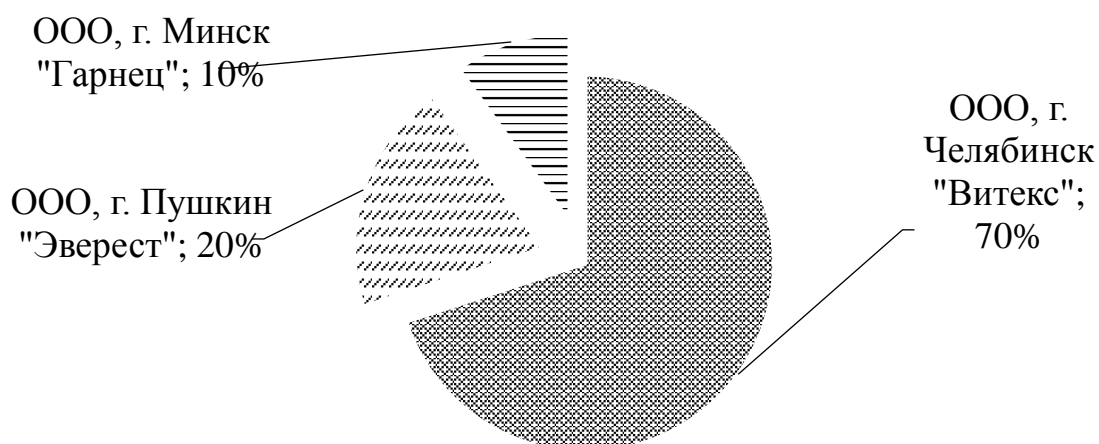


Рисунок 17 – Структура ассортимента крахмала, реализуемого в магазине «Магнит» по изготовителям

По полученным результатам анализа данной структуры мы выявили, что процентное содержание крахмала торговой марки ООО, г. Челябинск «Витекс» в ассортименте продукции значительно превышает содержание других торговых марок крахмала. Для увеличения доли данного вида крахмала в ас-

сортименте, может быть связано с большим уровнем продаж именно этого вида крахмала.

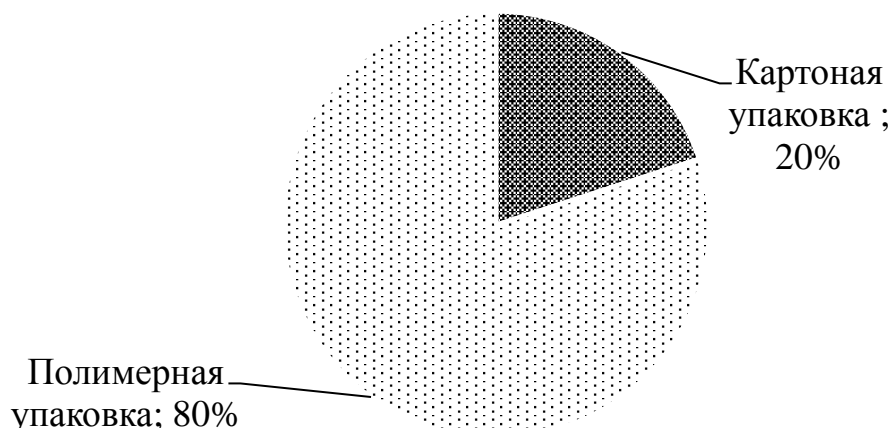


Рисунок 18 – Структура ассортимента крахмала по материалу упаковки

Исходя данных рисунка 18, можно сделать вывод, что полимерная упаковка практичнее и чаще используется, как упаковка для крахмала.

Грамотно сформированный ассортимент ускоряет реализацию товара, сокращает затраты труда и времени на поиск, приобретение нужного товара, а в конечном счете способствует удовлетворению спроса потенциальных потребителей.

Таким образом, большое количество видов крахмала представлено на рынке, рассмотрим технологические свойства крахмала разных видов и влияние различных способов технологии клейстеризации на образующиеся гели.

3. Экспериментальная часть

3.1. Цели и задачи исследования

На сегодняшний день для получения крахмалов используется более 50 видов растений, но наиболее популярен в России картофельный крахмал.

Так как ассортимент по видам крахмала достаточно разнообразный, крахмал из разного вида сырья характеризуется различными технологическими свойствами. Следовательно, необходимо рассмотреть влияние условий набухания крахмалов различных видов на качество образующегося клейстера, с целью обоснования сферы их использования.

Целью данной дипломной работы является влияние условий набухания крахмала на свойства получаемого клейстера.

Для достижения поставленной в дипломной работе цели необходимо решение следующих задач:

- обосновать выбор объектов исследования и дать их характеристику;
- установить перечень показателей качества крахмала и методы их оценки;
- провести оценку качества полученных образцов крахмала;
- проанализировать данные, полученные в ходе эксперимента.

3.2. Характеристика объектов исследования

Как уже было сказано, обработка ультразвуком широко применяется для модификации крахмала. Данным направлением занимаются ученые не только в России, но и во многих других странах мира, в том числе Китае, Индии, США, Австралии т.д. Поэтому данное направление будет актуально для исследования нами, с целью влияния ультразвуковой обработки на клейстеризацию крахмала.

Ультразвуковая обработка способствует клейстеризации при более низких температурах, при этом раствор получается более однородным, с пониженной вязкостью и большей прозрачностью. После остывания реорганизу-

ется в более пластичный студень, который обладает нейтральным вкусом и запахом [10].

Нами предлагается использование для образования суспензии крахмал трех видов: картофельный, кукурузный, тапиоковый. Опытные образцы 4 %-ой суспензии крахмала картофельного, кукурузного и тапиокового, обрабатывались ультразвуком на акустическом источнике упругих колебаний ультразвуковом приборе «Волна-Л» модель УЗТА – 0,63/22 – ОЛ, работающем на частоте 20 ± 2 кГц и выходной мощности 630 Вт, интенсивность излучения до 100 Вт/см^2 при разных условиях.

В качестве объектов исследования взяты три вида крахмала, процесс набухания каждого из которых проводился по двум технологиям:

- 1) традиционная технология – нагревание крахмала с водой в соотношении 1:4 при температуре $80 \text{ }^\circ\text{C}$, до клейстеризации крахмала;
- 2) инновационная – этап нагревания заменен на этап УЗ-обработки при внесении крахмала в воду. Мощность УЗ-обработки – 630 Вт, время воздействия – 13 минут.

Введем кодировку образцов исследования:

- образец № 1 – картофельный крахмал (традиционная технология);
- образец № 2 – кукурузный крахмал (традиционная технология);
- образец № 3 – тапиоковый крахмал (традиционная технология);
- образец № 4 – картофельный крахмал (инновационная технология);
- образец № 5 – кукурузный крахмал (инновационная технология);
- образец № 6 – тапиоковый крахмал (инновационная технология).

На первом этапе работе оценивали маркировку исследуемых образцов, её полноту и достоверность согласно нормативной документации, а также оценивали внешний вид крахмала и целостность упаковки (таблица 6) [27, 48, 49].

Таблица 6 – Характеристика маркировки потребительской упаковки образцов крахмала

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Наименование и сорт крахмала	Крахмал картофельный, высший сорт	Крахмал кукурузный, высший сорт	Крахмал тапиоковый, сорт не указан
Наименование и местонахождение изготовителя	ООО Компания «Витекс», РФ, 454053, г. Челябинск, ул. Физкультура, 34, пом. 5	ООО «Эверест», Россия, 196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Автомобильная, д. 6 литер А	ООО «Гарнец», 601280, Россия, Владимирская обл., с. Сновицы, ул. Вороновой д. 2
Товарный знак изготовителя			
Дата изготовления и дата упаковки	01.18	21.02.18	31.08.17
Масса нетто	200 г	150 г.	500 г.
Пищевая ценность 100 г крахмала	Углеводы 79 г	Углеводы 85 г, калорийность 340 ккал	Белки 0,20 г, углеводы 88,0 г, калорийность 360 ккал
Условия хранения	Хранить в чистых сухих, хорошо проветриваемых помещениях, без постороннего запаха, не загрязненных вредителями хлебных запасов	Хранить при относительной влажности воздуха складского помещения не более 75 %	Хранить в чистом, хорошо проветриваемом помещении с относительной влажностью воздуха не более 70 % и температура не выше 30 °С

Окончание таблицы 6

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Срок годности	2 года	1,6 года	2 года
Обозначение стандарта	ГОСТ Р 53876-2010	ТУ 10.62.11-009-09645951	ТУ 9187-018-89751414-13
Информация о подтверждении соответствия	Знак ЕАС	Знак ЕАС	Знак ЕАС

Упаковка 1 и 2 образцов крахмала – полимерный пакет, а у 3 образца – плотный бумажный пакет. На всех трех образцах указаны все маркировочные данные. Маркировка полная, текст написан крупными чёткими буквами, имеются все необходимые данные, которые должны присутствовать на маркировке согласно нормативным документам. Это облегчает выбор покупателей при покупке и позволяет наиболее подробно ознакомиться со всей информацией продукта, которая может его заинтересовать. Цветовое оформление маркировочных данных хорошо сочетается, крупные буквы напечатаны на белом чистом листе, что делает ознакомление покупателя с информацией о товаре более комфортным.

Таким образом, можно сделать вывод, что взятые исследуемые образцы крахмала соответствуют требованиям маркировочных данных, которые нормируются в специальной документации.

3.3. Показатели качества и методы их оценки

Показатель качества регламентируется по нормативным документам, на каждый вид крахмала установлен свой нормативный документ: ГОСТ Р 53876-2010 «Крахмал картофельный. Общие технические условия», ГОСТ 32159-2013 «Крахмал кукурузный. Общие технические условия», ТУ 9187-018-89751414-13 «Крахмал тапиоковый».

Оценку качества исследуемых объектов проводили по органолептическим и физико-химическим показателям.

К органолептическим показателям качества крахмала относят: внешний вид, цвет, запах [27, 48, 49]. Рассмотрим в таблице 7 органолептические показатели качества крахмала.

Таблица 7 – Органолептические показатели качества крахмала

Показатели качества	Сущность метода
Внешний вид	Внешний вид определяется при визуальном осмотре.
Цвет	Определяют визуально, при дневном свете.
Запах	Сущность метода основывается на растворении в воде, и через 5 секунд оценивается запах.

К физико-химическим показателям качества крахмала относятся: массовая доля влаги, кислотность, зольность, количество крапин [27, 48, 49].

Рассмотрим физико-химические показатели качества крахмала и методы их оценки (таблица 8).

Таблица 8 – Сущность методов физико-химических показателей

Показатели качества	Сущность метода
Массовая доля влаги	Высушивание навески крахмала при температуре (130 ± 2) °С в течение определенного времени.
Кислотность	Сущность метода заключается в нейтрализации кислот и кислых солей, содержащихся в 100 г. сухого вещества крахмала, раствором гидроксида натрия молярной концентрации 0,1 моль/дм ³ (0,1 н.) в присутствии индикатора фенолфталеина.

Окончание таблицы 8

Показатели качества	Сущность метода
Зольность	Сущность метода заключается в определении несгораемого остатка крахмала при сжигании его в муфельной печи при t 600 – 650 °С
Количество крапин	Сущность метода заключается в подсчете количества крапин на одном дм^2 поверхности крахмала.

Приоритетной целью нашей работы является исследование процесса клейстеризации крахмалов разных видов и оценка их технологических свойств. Для этого, в набухших растворах крахмала оценивали вязкость, температуру клейстеризации и содержание амилозы в крахмалах (таблица 9).

Таблица 9 – Сущность методов при исследовании технологических свойств

Показатели качества	Сущность метода
Вязкость	Сущность метода заключается в определении времени истечения 4 %-ного клейстера на вискозиметре при температуре 20 °С.
Клейстеризация	При помещении гранул крахмала в холодную воду, молекулы крахмала внутри гранулы притягивают воду и набухают. Если воду нагреть, то крахмальные гранулы подвергаются необратимому процессу клейстеризации.
Микроскопия	При этом методе можно обнаружить чрезвычайно мелкие частицы, размеры которых лежат далеко за пределами разрешающей способности наиболее сильных микроскопов.
Содержание амилозы в крахмале	Сущность его заключается в определении интенсивности окраски йодом раствора амилозы, извлекаемой из поврежденного крахмала при точно соблюдаемых условиях. Содержание амилозы в крахмале определяли с использованием метода связывания йода. Абсорбцию полученного раствора измеряли при 625 нм на спектрофотометре.

3.4. Результаты оценки качества и технологических свойств крахмала

На первом этапе мы проводили оценку качества крахмала в сухом состоянии, чтобы оценить соответствие требованиям стандарта. Были оценены органолептические и физико-химические показатели, результаты приведены в таблицах 10 – 14.

Можно отметить, что все виды крахмала, взятые нами в качестве объектов исследования, характеризуются в соответствии требований стандарта и укладываются в нормы [27, 48, 49].

Таблица 10 – Результаты органолептических показателей

	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Внешний вид	Однородный порошок	Однородный порошок	Мелкий однородный кристаллический порошок
Цвет	Белый	Белый с желтым оттенком	Белый
Запах	Свойственный крахмалу, без постороннего запаха.	Свойственный крахмалу, без постороннего запаха.	Нейтральный, без постороннего запаха

Используемый для эксперимента крахмал полностью соответствовал требованиям стандарта по органолептическим показателям.

На втором этапе исследования была проведена физико-химическая оценка качества: определение массовой доли влаги, кислотность, зольность, количество крапин.

Результаты определения массовой доли влаги в крахмале представлены в таблице 11 [27, 48, 49].

Таблица 11 – Результаты исследования массовой доли влаги крахмала

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Массовая доля влаги, %	17	13,83	11,97
Норма по ГОС-Ту	17 – 20	Не более 14	Не более 13

Показатель массовой доли влаги является важнейшим для оценки качества сырья. С содержанием воды тесно связаны стойкость продукта при хранении и его транспортабельность, а также его пригодность к дальнейшей переработке, так как избыток влаги способствует протеканию ферментативных и химических реакций, активизирует деятельность микроорганизмов, в том числе вызывающих порчу продукта, в частности плесневение. В связи с этим, содержание влаги в объекте предопределяет условия и сроки его хранения.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований было установлено, что массовая доля влаги у образцов 1, 2 и 3 соответствует ГОС-Ту.

Таблица 12 – Результаты исследования кислотности крахмала

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Кислотность, см ³	9,5	20	11,35
Норма по ГОС-Ту	Не более 10	Не более 20	Не более 15

Анализируя результаты исследования кислотности крахмала пришли к выводу, что все образцы по показателю кислотности соответствует нормам стандарта.

Так как зольность крахмала является наиболее точным показателем его товарного сорта, определим зольность крахмала наших образцов (таблица 13).

Таблица 13 – Результаты исследования определение зольности крахмала

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Зольность, %	0,20	0,18	0,16
Норма по ГОСТу	Не более 0,35	Не более 0,20	Не более 0,20

Таким образом, по результатам исследования образцов крахмала на зольность были получены следующие результаты: по всем образцам процент зольности оказался в норме.

Таблица 14 – Результаты исследования – подсчет количество крапин крахмала

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Количество крапин на 1 дм ² , шт	0	0	0
Норма по ГОСТу	В стандарте не нормируется	Не более 300	Не более 500

Одним из показателей качества крахмалов разных видов является количество крапин на 1 дм². Данный показатель прописан в стандарте для кукурузного и тапиокового крахмалов, но не обозначен для картофельного крахмала.

В результате исследования были получены результаты (таблица 14), которые соответствуют значениям нормативных документов. Крапин в образцах крахмала не обнаружено.

На следующем этапе оценивали технологические свойства крахмалов, клейстеризация которых проведена по традиционной и инновационной технологиям (условия рассмотрены выше).

Основными параметрами оценки при этом являлись – температура клейстеризации, вязкость и структура крахмальных зерен.

Известно, что оптимальной температурой для набухания крахмала является 65 – 85 °С. Предварительный анализ результатов по влиянию времени ультразвуковой обработки на температуру воды показал, что вода нагревается до указанного интервала температур за 13 (± 1) минут. Поэтому именно это время ультразвуковой обработки выбрано нами в инновационной технологии набухания крахмала.

Важным технологическим свойством является клейстеризация, поэтому нами будет оцениваться влияние ультразвуковой обработки на процесс клейстеризации крахмала. А также нами будет устанавливаться влияние условий клейстеризации на крахмал различных видов.

Таблица 15 – Температура клейстеризации крахмала при различных условиях

	Картофельный крахмал	Кукурузный крахмал	Тапиоковый крахмал
Контроль	82 °С	94 °С	82 °С
При обработке ультразвуком	72 °С	75 °С	80 °С

Результаты свидетельствуют, что внедрение ультразвуковой обработки в технологию отражается положительно, температура клейстеризации всех видов крахмала снижается. Наиболее сильные изменения наблюдаются в кукурузном крахмале – на 20,2 %, наименее – у тапиокового (2,4 %).

При обработке крахмалов разных видов ультразвуком клейстеризация образцов происходила при более низких температурах, при этом сохранялась структура зерен.

Для исследования структуры зерен под микроскопом были взяты 4 %-ые термически обработанные крахмальные суспензии, температурой 50, 80 °С. Поскольку крахмальные гранулы практически не растворяются в холодной

воде, а при нагревании они сильно набухают, то при продолжительном кипячении примерно 15 – 25 % крахмала переходит в раствор в виде коллоида. При термической обработке крахмальной суспензии, происходит изменение структуры зерен крахмала (рис. 19, 20, 21).

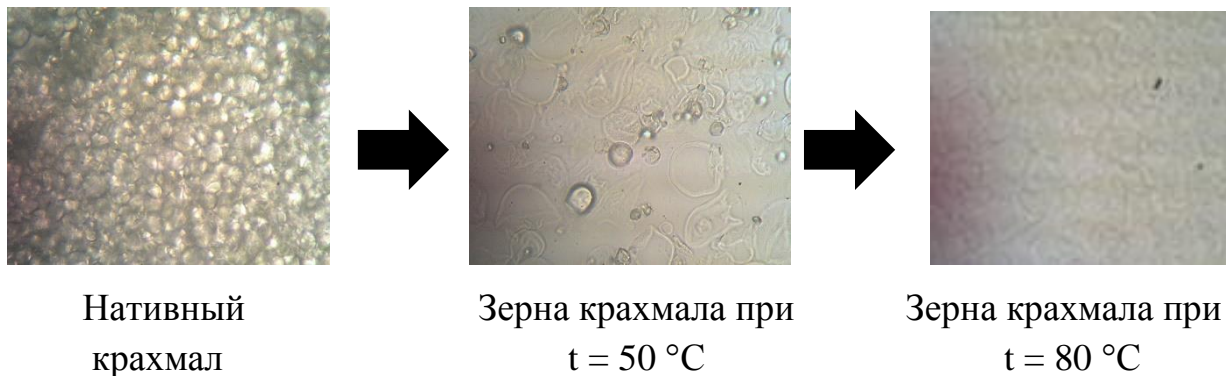


Рисунок 19 – Схема технологических изменений картофельных крахмальных зерен при нагревании

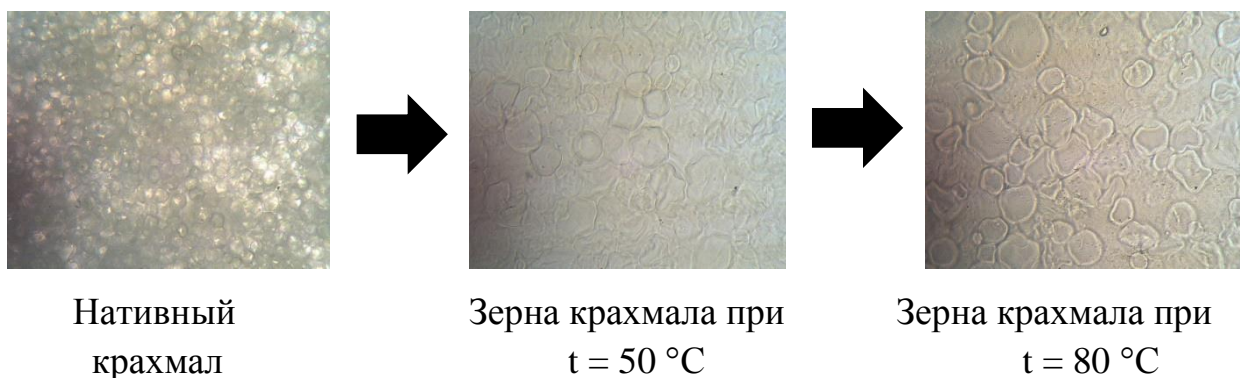


Рисунок 20 – Схема технологических изменений кукурузных крахмальных зерен при нагревании



Рисунок 21 – Схема технологических изменений тапиоковых крахмальных зерен при нагревании

Таким образом, более сильным изменениям при $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ претерпевает тапиоковый крахмал, а при $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменениям подверглись картофельный и кукурузный крахмалы. Можно отметить, что оптимальной температурой является обработка при $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Влияние ультразвука на вязкость образующихся клейстеров отражается на рисунке 22.

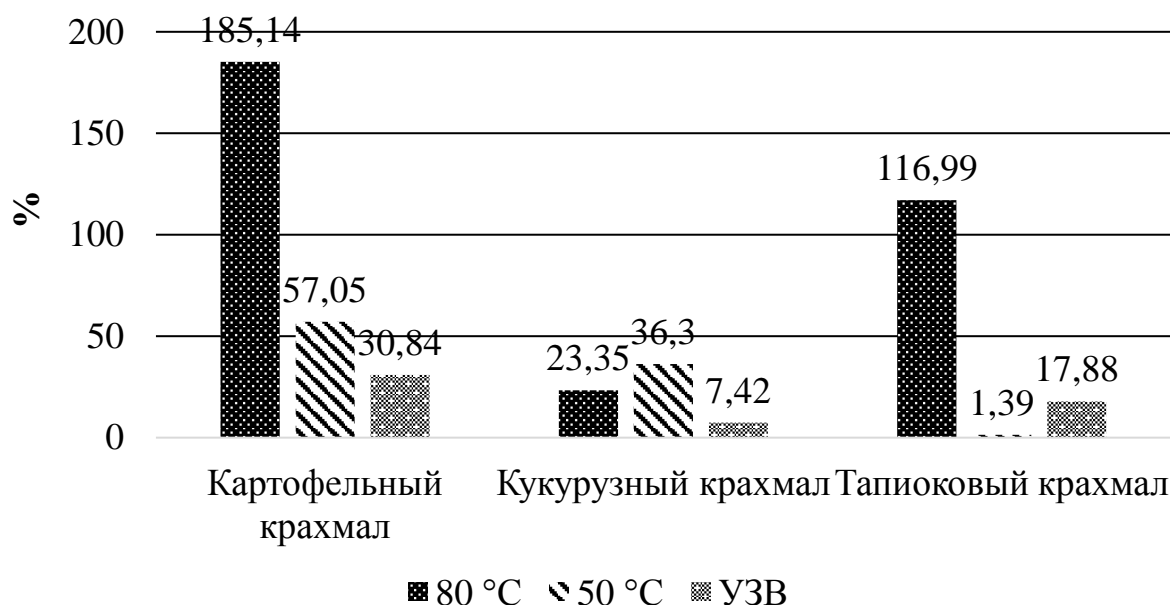


Рисунок 22 – Результаты определения вязкости при разных режимах

Образующийся в процессе нагревания крахмала клейстер представляет собой коллоидную систему (крахмальную дисперсию), в которой дисперсной фазой являются набухшие зерна крахмала, а дисперсионную среду образует растворенный в воде крахмал (главным образом амилоза). Вязкость крахмальной дисперсии тесно связана с объемной долей и деформируемостью диспергированных набухших зерен крахмала. При этом вязкость непрерывной фазы и взаимодействие между фазами определяют реологические свойства всей системы.

Процессы набухания и клейстеризации сопровождаются изменением вязкости суспензии и протекают по-разному для различных видов крахмалов. Так, высокоамилозные и более крупные зерна картофельного крахмала набу-

хают и клейстеризуются быстрее, чем мелкие зерна кукурузного и тапиокового крахмалов.

Исходя из рисунка 22, можно отметить, что наиболее большую вязкость при этом приобретает контрольный образец, при чем картофельный превышает все остальные значения. Кукурузный же, согласно результатам, давая меньшую вязкость клейстера, лучше клейстеризуется при более низкой температуре (50 °С) и по традиционной технологии.

Кроме того, исследования по вязкости показали, что наибольшей стабильностью характеризовались образцы инновационной технологии, они более длительное время сохраняли однородность своей структуры, а у образцов традиционной технологии очень быстро произошло расслоение.

Таким образом, ультразвук, снижая температуру клейстеризации, все-таки на вязкости готового клейстера отражается негативно. Требуется дальнейших исследований возможность внедрения ультразвуковой обработки в технологию клейстеризации крахмала с учетом вариаций по мощности и времени воздействия.

Как уже было сказано, в крахмале присутствуют два типа полимеров: амилоза и амилопектин. Растворимый крахмал носит название амилоза, остальная часть, амилопектин, не растворяется даже при очень длительном кипячении. Чем больше содержится амилозы в крахмале, тем выше температура желеобразования. Таким образом, нативный крахмал, состоящий в основном из амилопектина, имеет высокую вязкость, а крахмал с высоким содержанием амилозы проявляет желирующие свойства.

Результаты оценки содержания амилозы в разных видах крахмала подтверждают данное утверждение (таблица 16).

Таблица 16 – Результаты определение амилозы

Наименование показателя	Картофельный крахмал	Кукурузный крахмал	Тапиоковый крахмал
Длина волны 625 нм	0,0143	0,1740	0,1573

Наибольшее содержание амилозы установлено в кукурузном крахмале, он же имеет более высокую температуру клейстеризации, и меньшую вязкость клейстера.

Картофельный крахмал отличается более высоким содержанием амилопектина, что определяет его более высокую вязкость. Средние значения установлены у тапиокового крахмала.

Таким образом, наиболее применим для пищевой промышленности картофельный крахмал.

Выводы и предложения

Сегодня трудно представить себе рынок пищевой промышленности без стабилизирующих веществ. Стабилизаторы встречаются в каждом пищевом производстве. Так как в современном мире все более популярной становится точка зрения, что потребление продуктов с натуральными пищевыми волокнами является неотъемлемой частью здорового образа жизни, производители пищевых продуктов увеличивают долю природных стабилизаторов в качестве вспомогательных материалов для своей продукции. Все чаще производители уходят от использования синтетических и полусинтетических материалов. Так как крахмал в пищевой промышленности используется как природный стабилизатор, эмульгатор и загуститель, то его мировое производство в последние годы возросло в несколько раз.

В пищевой промышленности использование модифицированного крахмала получило широкое применение, особенно в последние десятилетия, за счет неиссякаемости и постоянного возобновления источников его получения. Это связано с тем, что ресурсами для его получения служат такие культуры как картофель, кукуруза, рожь, пшеница, горох, рис и другие. Использование модифицированного крахмала связано и с экономической стороной вопроса, так как это позволяет значительно снижать себестоимость конечного продукта. Основная сфера применения модифицированного крахмала в пищевой промышленности, это использование его как загустителя, эмульгатора и стабилизатора. В настоящее время известно несколько направлений модификации крахмала: химическое (кислотный, окислительный гидролиз); биохимическое (ферментативный гидролиз) и физическое воздействие (механические, температурные, ультразвуковые и волновые). Поскольку комитет экспертов объединённых под эгидой таких организаций как ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация при ООН) и ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) рекомендовал применять без ограничений лишь крахмалы, обработанные ферментативно. Другие же виды хими-

чески обработанных крахмалов нуждаются в дополнительном изучении. Поэтому наибольший интерес представляют физические методы модифицирования.

Исследование литературной части показало, что отрасль производства крахмала постоянно растет и развивается, также высокая доля на рынке импортного крахмала. Классификационные особенности крахмала зависят от модификаций. К факторам, определяющим качество крахмала, относятся: качество сырья, процесс производства продукции, упаковка, маркировка, хранение и транспортировка готового крахмала, и абсолютно каждый этап очень влияет на качество готового продукта.

Большая доля ассортимента на рынке представлена группами модифицированного крахмала. В настоящее время развиваются различные способы модификации.

Нами была рассмотрена деятельность магазина АО Тандер «Магнит». Исследовав практическую часть работы можно сделать вывод, что на предприятии отлажены все необходимые технологические процессы. Нормы пожарной безопасности и санитарной гигиены так же соответствуют требованиям, предъявляемым в нормирующих документах. Магазин АО Тандер «Магнит» постоянно развивается и улучшается, увеличивая ассортимент, а также почти каждую неделю проходят акции на разные товары.

Для проведения исследования было взято три вида крахмала: картофельный, кукурузный, тапиоковый. Процесс набухания каждого из которых проводился по двум технологиям. Первая – это традиционная технология – нагревание крахмала с водой в соотношении 1:4 при температуре 80 °С, до клейстеризации крахмала. Вторая технология, инновационная – этап нагревания заменен на этап УЗ-обработки при внесении крахмала в воду. Мощность УЗ-обработки – 630 Вт, время воздействия – 13 минут. Товароведная оценка качества крахмала проходила в два этапа. Первый этап включал в себя оценку органолептических показателей, второй – физико-химических.

Подводя итог всему исследованию, которое было проведено в рамках данной дипломной работы, можно сделать следующие выводы:

- абсолютно все виды крахмала, взятые нами в качестве объектов исследования, характеризуются в соответствии требований стандарта и укладываются в нормы;
- физико-химические показатели крахмала: массовая доля влаги, кислотность, зольность и количество крапин. Все показатели были в пределах нормы;
- внедрение ультразвуковой обработки в технологию крахмала отражается положительно, температура клейстеризации всех видов крахмала снижается. Наиболее сильные изменения наблюдаются в кукурузном крахмале – на 20,2 %, наименее – у тапиокового (2,4 %). При обработке крахмалов разных видов ультразвуком клейстеризация образцов происходила при более низких температурах, при этом сохранялась структура зерен.
- при термической обработке крахмальной суспензии, происходит изменение структуры зерен крахмала, более сильным изменениям при $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ претерпевает тапиоковый крахмал, а при $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменениям подверглись картофельный и кукурузный крахмалы. Можно отметить, что оптимальной температурой является обработка при $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- наиболее большую вязкость приобретает контрольный образец, при чем картофельный превышает все остальные значения. Кукурузный же, согласно результатам, давая меньшую вязкость клейстера, лучше клейстеризуется при более низкой температуре ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$) и по традиционной технологии;
- наибольшее содержание амилозы установлено в кукурузном крахмале, он же имеет более высокую температуру клейстеризации, и меньшую вязкость клейстера.

Таким образом, ультразвук, снижая температуру клейстеризации, все-таки на вязкости готового клейстера отражается негативно. Требуется дальнейших исследований возможность внедрения ультразвуковой обработки в

технологии клейстеризации крахмала с учетом вариаций по мощности и времени воздействия.

На основании полученных результатов можно рекомендовать предприятиям, занимающимся переработке крахмала и использование его в производстве, внедрение ультразвуковой обработки в технологические линии.

Библиографический список

1. Патент на изобретение RUS 2531404. Способ подготовки воды для пищевых производств.
2. Патент на изобретение RUS 2585473. Способ получения модифицированного крахмала.
3. Распоряжение правительства Российской Федерации от 17.04.12 года № 559-р. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации до 2020 года.
4. Аксенов, В.В. Комплексная переработка растительного крахмалсодержащего сырья в России/ Вестник Крас-ГАУ. – 2007. – № 5. – С. 6 – 15.
5. Андреев, Н.Р. Структура, химический состав и технологические свойства основных видов крахмалсодержащего сырья// Хранение и переработка сельхоз сырья. – 1999. – № 7. – С. 7 – 20.
6. Кузьмин, К.В. Обеспечение качества ликероводочных изделий путем стабилизации коллоидной системы с помощью модифицированного крахмала: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / К.В. Кузьмин. – Кемерово: ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», 2014. – 107с.
7. Колтыкова, Е. Рынок крахмала в России: Производство в кризис растет. – <http://www.indexbox.ru>.
8. Тасекеев М.С, Производство биополимеров как один из путей решения проблем экологии и АПК/ Тасекеев М.С, Еремеева Л.М. – Национальный центр научно-технической информации, 2009. – 200 с.
9. BusinesStat, Анализ мирового рынка крахмала. – <http://informarket.ru>.
10. Руськина, А.А. Попова, Н.В. Руськин, Д.В. Модификация крахмала с помощью ультразвукового воздействия как инструмент изменения его технологических характеристик// Вестник ЮУрГУ. – 2018. – Т. 6. – №1. – С. 13, 57.
11. ГОСТ Р 51953-2002. Крахмал и крахмалопродукты. Термины и определения.

12. Стархова, В.И. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ/ В.И. Стархова, Ю.И. Поконова. – Санкт-Петербург, 2007. – 412 с.
13. Кузьмина В.П. Механохимия для модификации крахмал продуктов/ В.П. Кузьмина. – Москва, 2014. – 292 с.
14. Славянский, А.А. Технология сахаристых продуктов: крахмал и крахмалопродуктов/ А.А. Славянский, В. Г. Костенко, В.Д. Малкина. – Москва: Учебное пособие – М.: МГУТУ, 2012. – 230 с.
15. Андреев, Н.Р. Основы производства нативных крахмалов// Н.Р. Андреев. – Киров: Издательство: «М.: Пищепромиздат», 2001. – 263 с.
16. Корячкина С.Я. Научные основы производства продуктов питания/ С.Я. Корячкина, О.М. Пригарина. – ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. – 371 с.
17. Крахмалы. Строение крахмала и его разновидности. – <http://biopolymer147.ru>.
18. Кряжев, В.Н. Последние достижения химии и технологии производных крахмала// Химия растительного сырья. – 2010. – №1. – С. 1 – 10.
19. Балаева-Тихомирова О.М. Органическая химия/ О.М. Балаева-Тихомирова, Т.А. Толкачева. – Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова, 2016. – 47 с.
20. Яковишин, Л.А. – <http://www.sevchem.narod.ru>.
21. Королев А.П. Основы биохимии/ А.П. Королев, С.Б. Гридина, Е.П. Зинкевич. – Кемерово, 2004. – 279 с.
22. Титова Н. М. Биохимия и молекулярная биология/ Н. М. Титова, А. А. Савченко, Т. Н. Замай, Г. И. Боровкова, Т. Н. Субботина, Е. В. Инжеваткин. – Красноярский край, ФГОУ ВПО СФУ, 2007. – 346 с.
23. Патент на изобретение RUS 2078087. Способ получения модифицированного крахмала.
24. Балдев, Р. Применения ультразвука/ Р. Балдев, В. Раджендран, П. Паланичами. – Москва: Техносфера, 2006. – 576 с.

25. Фаткуллин, Р.И. Использование ультразвукового воздействия как фактора интенсификации процесса диспергирования в пищевых производствах// Пищевая промышленность. – 2015. – №4. – С. 41 – 47.
26. Петренко Л.М. Кукурузный крахмал и его применение в разных сферах. – <https://orehi-zerna.ru>.
27. ГОСТ Р 53876-2010. Крахмал картофельный. Технические условия.
28. Елисеева, Л.Г. Товароведение однородных групп продовольственных товаров/ Л.Г. Елисеева, Т.Г. Родина, А.В. Рыжакова. – Издательство «Дашков и К», 2013. – 930 с.
29. Осетров, С. Технологический поток производства крахмала. – <http://www.sergey-osetrov.narod.ru>.
30. Товароведение: крахмал, крахмалопродукты, сахар, мед. – <http://www.comodity.ru>.
31. RU №2390528. Способ модификации крахмала или производных крахмала.
32. Донченко Л.В. Пищевая химия. Гидроколлоиды/ Л.В. Донченко, Н.В. Сокол, Е.А. Красноселова. – Москва: Издательство «Юрайт», 2018. – 179 с.
33. Маркевич Р.М. Основные пищевые производства/ Р. М. Маркевич. – Минск: БГТУ, 2008. – 424 с.
34. Василев Р.Г. Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.А. Овчинникова/ Р.Г. Василев. – Москва: Информационно-аналитический центр медико-социальных проблем, 2010. – 78 с.
35. Применение ультразвуковых колебаний для ускорения процессов в жидких средах. – <http://old.u-sonic.ru>.
36. Тошев А.Д. Технология продуктов питания/ А.Д. Тошев, Г.Б. Хамраева. – Челябинск: Вестник Южно-Уральского государственного университета, 2012. – 215 с.
37. Свойства крахмала. – <http://biofile.ru>.
38. Применение крахмала. – <http://www.nprb.ru>.

39. Lawton Jr, J. uses of. Encyclopedia of Grain Science// Native starch. – 2004. – №1-3. – С. 37 – 38.
40. Starch Utilization in Food Industries. –<http://www.cassavabiz.org>.
41. Реакции окисления и восстановления. – <http://nereff.ru>.
42. RU 2650408. Способ получения модифицированного крахмала, содержащего декстринизированные полисахариды.
43. Чепурной И.П. Товароведение и экспертиза кондитерских товаров/ И.П. Чепурной. – Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2017. – 38 с.
44. Нечаев А.П. Пищевая химия 4-е издание/ А.П. Нечаев, С. Траубенберг, В. Колпакова, И. Витол, И. Кобелева. – Санкт-Петербург: Издательство «ГИОРД», 2007 – 640 с.
45. Официальный сайт сети «Магнит» 2010-2018 АО «Тандер». – <http://magnit-info.ru>.
46. Внутренние документы по деятельности АО Тандер «Магнит».
47. Типовой договор на поставку товара с EDI – Магнит.
48. ГОСТ 32159-2013. Крахмал кукурузный. Общие технические условия.
49. ТУ 9187-018-89751414-13. Крахмал тапиоковый.
50. Руськина, А.А. Способы получения модифицированного крахмала, как инструмент повышения его технологических характеристик// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2017. – том 5. – № 3. – С. 4 – 5.