

Немчинова Алёна Игоревна

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ
МЕЛКОПЛОДНЫХ ЯБЛОНЬ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки
злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной
продукции и виноградарства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Красноярск – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования учреждении «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Научный руководитель: кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Гусакова Галина Семеновна

Официальные оппоненты: **Причко Татьяна Григорьевна,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Северо-Кавказский
Федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия», зав. лабораторией
хранения и переработки плодов

Рыгалова Елизавета Александровна,
кандидат технических наук, Федеральное
государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Красноярский государственный аграрный
университет», доцент кафедры технологии
консервирования и пищевой биотехнологии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Всероссийский научно-
исследовательский институт селекции плодовых
культур»

Защита состоится «27» сентября 2022 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.037.08 при ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90, тел./факс: +7(391)-227-36-09, e-mail: dissovets@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» и на официальном сайте <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан «15» июля 2022 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Присухина
Наталья Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Экологические проблемы, суровые климатические условия, постоянно возрастающая стрессовая нагрузка на организм оказывают негативное влияние на здоровье населения Иркутской области. Многочисленные медицинские исследования показывают, что между рационом питания, здоровьем и болезнью человека существует тесная взаимосвязь. Следовательно, важной социальной задачей современной пищевой промышленности является разработка продуктов питания повседневного спроса с повышенной физиологической ценностью. Корректируя состав продуктов в процессе производства и обогащая их биологически активными добавками можно добиться значительного повышения защитных реакций организма человека. Разработка продуктов питания с повышенной физиологической ценностью для улучшения качества питания населения Иркутской области на основе местных мелкоплодных яблонь является весьма актуальной.

Степень разработанности темы.

Впервые в научной литературе термин функциональные продукты появился в Японии в 1989 г. Данное направление возникло на стыке медицинской и пищевой биотехнологии. Большой вклад в разработку теоретических основ, производство, реализацию и потребление функциональных продуктов внесли отечественные и зарубежные ученые, работающие в области прикладной биотехнологии, биохимии и медицины: В.И. Ганина, А.Ф. Доронин, М.Н. Волгарев, В.М. Позняковский, Е.И. Титов, Л. Данс, Шронеман Верена и др.

В Красноярском крае Н.Н. Типсиной и Н.В. Цугленок (2009 г.) проводились работы по изучению мелкоплодных сортов яблонь Сибири и их использованию в продуктах питания. Но учитывая, что адаптивная селекция активно развивается, появляются новые районированные сорта, продолжение работ в этом направлении не теряет своей актуальности.

Цель исследования: научное обоснование и разработка технологии переработки плодов мелкоплодных яблонь Иркутской области с получением продуктов повышенной физиологической ценности. Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- исследование органолептических показателей и физико-химического состава плодов мелкоплодных яблонь Иркутской области;
- определение технологических режимов получения сока прямого отжима;
- изучение физико-химических свойств сока;
- разработка технологии получения пектинового концентрата;
- разработка рецептуры и технологии приготовления напитка «Пектин Прибайкалья»;
- экономическая оценка разработанной технологии переработки плодов и производства новых продуктов.

Научная новизна. Впервые исследован химический состав 7 сортов мелкоплодных яблок Иркутской области. Установлено, что отличительной особенностью плодов является высокая кислотность (до 10,8 г/дм³), среднее значение сахаристости (не выше 12,5 г/100 см³) и повышенное содержание низкоэтерифицированных пектиновых веществ (до 1,4 %). Относительно высокое содержание в соке плодов витамина С (более 17 мг/100 см³) и фенольных

соединений (до 1,7 г/дм³) предопределяет целесообразность их переработки в продукты лечебно-профилактического назначения [п.2 паспорта].

Разработаны технологические режимы получения пектинового концентрата из выжимок мелкоплодных яблок. Впервые для очистки пектинового экстракта от сахаров предложена ферментация с помощью лиофилизированных дрожжей штамма Lalvin 71В-1122 при 20-25 °С в течение 24 ч [п.3 паспорта].

Построена математическая модель изменения выхода сока в зависимости от условий ферментативной обработки плодов мелкоплодных яблонь [п.4 паспорта].

Разработана, обоснована и экспериментально подтверждена технология производства напитка «Пектин Прибайкалья», обогащённого биологически активными веществами – пектином и дигидрокверцетином [п.6 паспорта]. Физиологическая ценность напитка обусловлена присутствием в соке флавоноидов (в том числе кверцетина и его гликозидов рутина и др.) и фенолокислот, а также введением источника растворимых пищевых волокон – пектинового концентрата до содержания пектиновых веществ в готовом напитке не менее 8,0 г/100 мл) и антиоксиданта (дигидрокверцетина) не менее 10 мг/100 мл.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Разработана технология переработки мелкоплодных яблок Иркутской области. Подготовлена и зарегистрирована нормативно-технологическая документация на производство напитка «Пектин Прибайкалья». Разработанные технологические режимы переработки мелкоплодных яблок и рецептура напитка «Пектин Прибайкалья» прошли производственные испытания на ООО «Энолог». Определены технико-экономические показатели. Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе по направлению 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» на кафедре химии и пищевой технологии имени проф. В.В. Тутуриной ИРНИТУ.

Методология и методы исследования. Планирование и проведение исследований основано на анализе информационного материала, изложенного в научных статьях, монографиях и трудах конференций. Методология базируется на использовании производственных, лабораторных и статистических методах исследований. В процессе работы использовались общие методы научного познания: анализ, сравнение, обобщение; применялись общепринятые, биохимические, морфологические, физиологические, статистические и экономические методы с использованием современного оборудования.

Личный вклад автора заключается в постановке и проведении экспериментов, в статистической обработке, интерпретации и публикации полученных результатов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- научное обоснование использования местных плодов мелкоплодных яблонь для производства продуктов профилактической направленности;
- результаты исследования химического состава продуктов переработки плодов;
- технологические режимы получения сока прямого отжима и пектинового концентрата с использованием биохимических приёмов;
- разработка рецептуры и технологии приготовления напитка «Пектин Прибайкалья».

Степень достоверности и апробация результатов. По результатам исследований, изложенных в диссертационной работе, опубликовано 10 научных

работ, из них 2 статьи в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов ВАК РФ, в том числе 2 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и списка литературы. Содержание работы изложено на 143 страницах печатного текста, включает 28 рисунков, 61 таблицу, 5 приложений и 216 литературных источников отечественных и зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, охарактеризована научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе приведён анализ имеющейся информации о составе мелкоплодных яблок, технологиях переработки сырья, получения сока и пектина. Отдельный раздел посвящён получению пектинового экстракта, свойствам и применению пектиновых веществ в пищевой промышленности. Проведённый анализ источников показал конкурентные преимущества производства соков и других продуктов питания на основе использования местных сырьевых ресурсов.

Во второй главе приведены этапы работы и схема проведения эксперимента. Дана характеристика объектам и методам исследования.

Объектами исследования служили плоды 7 сортов мелкоплодных яблонь, выращенных на территории Иркутской области, сок прямого отжима, напиток «Пектин Прибайкалья» и пектиновый концентрат.

При проведении исследований использованы стандартные и современные физико-химические и биохимические методы.

Содержание макро-, микроэлементов элементов в яблоках определяли методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии (РФА) по ГОСТ.

Определение массовой концентрации фенольных веществ в соках проводили перманганатометрическим способом по методам теххимического контроля в виноделии. Калибровали по галловой кислоте.

Содержание состава фенольных соединений в соке и его эфирном экстракте выполняли по результатам анализа ВЭЖХ-МС.

Наличие пектиновых веществ было определено с использованием карбазольного и кальций-пектатного методов.

Ферментативный гидролиз проводили с использованием комплексов «Целлолюкс А» с целлюлазной активностью 2000 ед/г и «Фруктоцим П6-Л» с пекталитической активностью – 200 ед/г.

Для обработки результатов эксперимента была использована программа Microsoft Excel.

В третьей главе приведены основные результаты исследования и их обсуждение.

Исследование органолептических показателей и физико-химического состава плодов мелкоплодных яблонь Иркутской области

Для исследования выбрали 7 сортов районированных яблонь: Красноярский сеянец, Красная гроздь, Уральское наливное, Светлое, Пепинчик красноярский, Красноярский снежирёк, Лада. По органолептическим показателям наиболее высокая дегустационная оценка у сортов «Лада» и «Красная гроздь» (9,5), а

значительно меньшая у сортов «Красноярский снежирёк» и «Пепинчик красноярский» (соответственно 8,3; 7,5).

Количество поврежденных плодов варьирует от 1,0 до 2,0 %, что значительно ниже нормируемого показателя (10 %). Свежие яблоки соответствуют требованиям первого товарного сорта по ГОСТ 27572 «Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия». Физико-химические показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели плодов ($M \pm m$, $n=3$)

Сорт яблок	Сухие вещества, %	Содержание сахара, г/100 см ³	Содержание титруемых кислот, г/дм ³
Красноярский сеянец	13,6±0,5	12,3±0,2	10,8±0,7
Красная гроздь	13,8±0,5	12,5±0,2	7,2±0,4
Уральское наливное	10,8±0,4	7,0±0,1	4,9±0,3
Светлое	11,5±0,4	6,0±0,1	4,8±0,3
Пепинчик красноярский	9,6±0,3	5,0±0,1	5,7±0,4
Красноярский снежирёк	12,9±0,5	11,7±0,2	10,6±0,7
Лада	12,0±0,4	10,8±0,2	6,9±0,5

Из приведённых в таблице 1 данных видно, что наибольшее содержание сухих веществ в сорте «Красная гроздь» (13,8), меньшее в сорте «Пепинчик красноярский» (9,6).

В изучаемых сортах сахар варьирует от 5 до 12,5 г/100 см³. Наибольшее содержание сахаров в сорте «Красная гроздь» (12,5) и наименьшее в сорте «Пепинчик красноярский» (5,0).

Кислотность варьировала по сортам от 5 до 11. Это свидетельствует о том, что изученные сорта относятся к высоко кислотным. Наибольшим содержанием отличаются сорта «Красноярский сеянец» (10,8), средним – «Красная гроздь» (7,2) и низким – «Уральское наливное» (4,9). Высокое содержание кислот и среднее значение сахаристости плодов несколько снижают органолептические показатели.

По данным РФА в воздушно-сухом материале плодов Красноярский снежирёк обнаружены следующие макроэлементы, %: К-0,762; Р-0,141; Са-0,099; Mg-0,056; Si-0,012; Mn-0,01; Na-0,008; Fe-0,006; Al-0,002; S-0,05.

Из микроэлементов в плодах присутствуют, в ppm: Ti <4; Cr-7; Ni-2, Cu < 8; Zn-15, Rb-8; Sr-9, Ba-16 и Pb < 3.

Медь, цинк, свинец при высоком содержании являются токсичными элементами. Для производства пищевых продуктов следует использовать безопасное сырьё. Дополнительно были проведены исследования по показателям безопасности. Все исследуемые плоды соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Были определены содержание и состав пектиновых веществ в изучаемых сортах. Количество пектиновых веществ варьирует от 0,9 % (Пепинчик красноярский) до 1,4 % (Лада). Из них на протопектин, выделенный из сырых выжимок (в основном это кожица и семена) приходится 65–70 %. Соответственно оставшееся количество содержится в мякоти плодов – растворимый пектин (25–29 %). Фракционный состав пектиновых веществ, приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Состав пектиновых веществ изучаемых сортов (M±m, n=3)

Наименование показателя	Сорт яблок				
	Красная гроздь	Красноярский снежирёк	Красноярский сеянец	Лада	Уральское наливное
Уронидная составляющая, % к массе пектина	42,4±0,2	45,0±0,2	46,0±0,2	43,3±0,2	44,1±0,2
Степень этерификации, %	33±0,1	46±0,2	47±0,2	46±0,2	46±0,2
Содержание свободных карбоксильных групп, %	17,6±0,6	14,5±0,5	11,2±0,4	11,5±0,4	11,4±0,4
Сорбционная способность пектинов, мг Pb ²⁺	124±1,6	93±0,8	92±0,8	120±1,6	92±0,8
Полная статистическая обменная ёмкость пектинов, мг-экв/г CaCl ₂	38,2±0,2	35,8±0,2	35,5±0,2	37,7±0,2	35,8±0,2
Общая зола пектинов, %	16,5±0,7	15,8±0,7	16,3±0,7	16,5±0,7	16,2±0,7

Выделенный гидратопектин имеет высокую зольность. Содержание общей золы в пектинах изменяется от 15,8 % (Красноярский снежирёк) до 16,5 % (Красная гроздь и Лада).

Самым высоким содержанием карбоксильных групп отличается сорт Красная гроздь. Установлено, что примерно 60 % карбоксильных групп связаны с металлами и только 30 % находится в этерифицированной форме.

Высокое значение уронидной составляющей свидетельствует о высоком содержании галактуроновой кислоты у сортов Красноярский сеянец и Уральское наливное. Наиболее низкая у сортов Красная гроздь и Лада.

Степень этерификации ранних сортов (Красная гроздь) выше, чем поздних и согласуется с содержанием карбоксильных групп.

Высокой сорбционной способностью отличаются сорта Красная гроздь и Лада, наименьшей – Красноярский сеянец.

При определении показателя полной статической обменной ёмкости учитывали все карбоксильные группы пектинов: как свободные, так и замещённые катионами металлов, а также связанные с аминокислотами, полифенолами и др. Определяли по хлориду кальция. Наибольшее значение 38,2 мг-экв/г CaCl₂ у сорта Красная гроздь свидетельствует о большей способности пектиновых соединений данного сорта к обмену на токсичные металлы и меньшая (35,5 мг-экв/г CaCl₂) у сорта Красноярский сеянец.

Проведены исследования наличия микроорганизмов на поверхности плодов, которые могут вызывать порчу соков. Из всех возможных – найдены: плодовые дрожжи, уксусные, молочнокислые бактерии и плесневые грибы, которые легко удаляются после мойки и тогда по микробиологическим показателям плоды соответствуют ТР ТС 021/2011.

Изучение влияния технологических параметров на выход и качественные показатели сока

При разработке технологии получения сока изучали влияние условий хранения на выход сока (рис. 1).

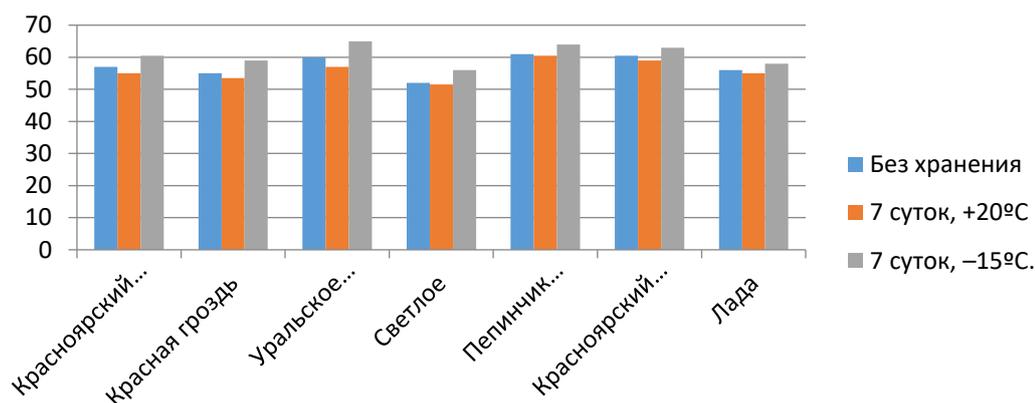


Рисунок 1 – Влияние условий хранения на выход сока

Выход сока варьировал от 52 % до 64 %. Наибольшим выходом сока отличаются сорта Пепинчик красноярский (61,0), Красноярский снегирёк (60,5) и Уральское наливное (60,0). Самый низкий – у плодов сорта Светлое (52,0 %). В результате хранения при температуре 20 °С наблюдали снижение выхода на 1,5 %, возможной причиной является потеря влаги. Хранение при минусовых температурах увеличивает выход сока на 5%. После размораживания, плодовая ткань становится мягкой и хорошо отдает сок.

Таким образом, если позволяют условия, плоды лучше хранить в замороженном виде.

Плодовая ткань может быть разрушена механическим, температурным воздействием или действием ферментов. С этой целью изучали влияние нативных ферментов и внесённых ферментных препаратов пектолитического (Фруктоцим П6-Л) и цитолитического (Целлолюкс А) действия. Время действия и дозировку ферментных препаратов на данном этапе брали по рекомендации, приведённой в нормативных сопроводительных документах. Условия обработки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Условия обработки мезги ферментными препаратами (n=3)

Выход сока в зависимости от условий ферментативного гидролиза мезги, %.	Наименование сорта яблок							Средний выход сока
	Красноярский и сеянец	Красная гроздь	Уральское наливное	Светлое	Пепинчик красноярский	Красноярский и снегирёк	Лада	
Контроль	57,0	55,0	60,0	52,0	61,0	60,5	56,0	57,4
Нативные ферменты, 12 ч, 40 °С	60,0	58,5	64,3	55,7	63,2	62,6	59,4	60,5
Фруктоцим П6-Л, 12 ч, 40 °С, 0,005 см ³ /кг	64,2	62,2	68,8	59,4	66,4	65,7	58,7	63,6
Целлолюкс А, 12 ч, 50° С, 3,0 г/кг	64,9	63,5	69,3	61,7	67,2	66,6	57,4	64,8
Фруктоцим П6-Л, 0,005 см ³ /кг + Целлолюкс А, 3,0 г/кг, 12 ч, 40 °С	66,8	65,3	70,2	63,6	69,5	68,4	58,1	66,0

Из полученных данных следует, что оптимальная концентрация, обеспечивающая в данных условиях максимальный выход сока для ФП Фруктоцим П6-Л составила 0,003 см³/кг, а для Целлолюкс А 4,5 г/кг.

На следующем этапе определяли оптимальную продолжительность обработки. Зависимость выхода сока от температуры и времени действия ФП показана в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость выхода сока от дозировки ферментных препаратов

Фруктоцим П6-Л		Целлолюкс А	
Доза ФП, см ³ /кг	Выход сока, %	Доза ФП, г/кг	Выход сока, %
0	60,0	0	60
0,001	65,3	1,5	66,8
0,003	68,8	2,2	67,1
0,005	68,0	3,0	68,8
0,010	67,4	4,5	69,3
0,013	67,1	5,2	68,7
0,015	66,8	6,0	67,3

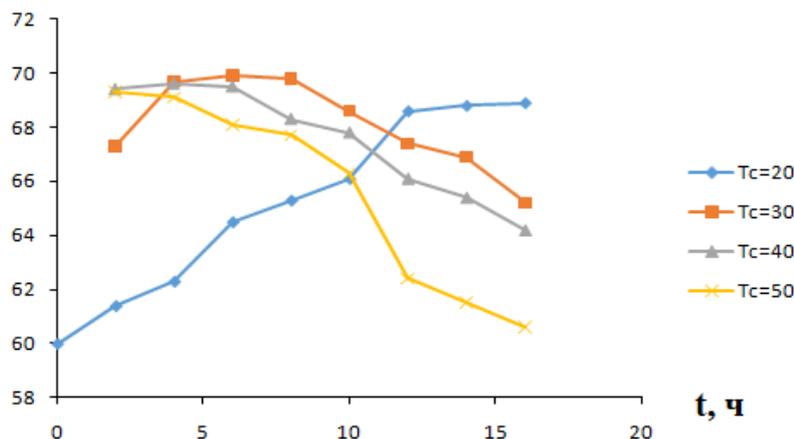
Полученные данные показывают, что при повышении температуры время контакта мезги с ФП необходимое для максимального выхода сока сокращается. Наибольший выход сока лежит в интервале 2–4 ч при температуре 30–40 °С (табл.5).

Таблица 5 – Зависимость показателей качества пектиновых экстрактов от температуры процесса ферментативного гидролиза

Температура, °С	Показатели качества экстракта			
	pH	Сухие вещества, %	Пектиновые вещества, %	Содержание балластных веществ, %
55	3,1	7,8	1,3	5,0
60	3,2	8,5	1,7	7,0
65	3,1	9,5	2,0	7,0
70	2,9	9,6	2,0	8,0
75	2,8	9,6	1,9	8,0
80	2,8	9,7	1,8	9,0

При увеличении температуры до 50 °С уже через 2 ч выход сока начинает приближаться к максимальному, однако, воздействие повышенных температур нежелательно из-за увеличения скорости окислительных процессов.

Обработку полученных данных выполняли в пакете Statgraphics Plus. По наибольшему значению коэффициента детерминации R^2 , % выявлялся вид регрессионной модели. Значение R^2 показывает, сколько процентов экспериментальных данных описывается найденным уравнением регрессии. Скорректированный коэффициент детерминации R^2_c , % использовали для оценки тесноты связи между независимой и зависимой переменными, а среднеквадратическую σ и абсолютную Δ ошибки – для оценки точности модели. По критерию Дарбина-Уотсона DW судили об отсутствии автокорреляции в опытных данных.



Как видно из рисунка 2, повышение температуры рабочей среды интенсифицирует процесс получения сока и существенно сокращает время ведения процесса.

Зависимости выхода сока от времени t действия ФП при температурах ведения процесса 30 – 50 °С описываются нелинейной моделью вида:

$$v = A + B \times t^{0.5} + C \times t^2. \quad (1)$$

Значение коэффициентов модели (1) приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Значение коэффициентов модели (1) для различной температуры T_c ведения процесса

$T_c, ^\circ\text{C}$	A	B	C
30	63,637	3,605	– 0,043
40	69,354	0,255	– 0,025
50	70,118	– 0,291	– 0,036

Разработка технологии получения яблочного сока. На основании проведённых исследований разработана принципиальная технологическая схема переработки мелкоплодных яблок.

Яблоки поступают на предприятие автотранспортом. После приёмки по количеству и качеству их направляются на мойку. Далее часть яблок передаётся на хранение в морозильную камеру, а другая поступает на ножевую дробилку. Полученная мякоть собирается в мякотьсорборник и далее передается в ферментёр. Здесь она нагревается до температуры 35 °С, перемешивается с ферментными препаратами и выдерживается 3–4 часа. При этом следует строго соблюдать рекомендованные режимы. Отфильтрованный сок фасуют в ёмкости из пищевого полиэтилена и хранят в замороженном виде.

Отличительной особенностью данной схемы является отсутствие консервантов, пастеризации и хранение сока в замороженном состоянии.

Изучение физико-химических свойств сока

Сок, полученный из плодов, представляет собой прозрачную жидкость светло-соломенного цвета с зеленоватым оттенком. Имеет характерный плодовой аромат, умеренно кислый и терпкий вкус. Основу экстрактивных веществ составляют сахара и кислоты (табл. 7).

Таблица 7 – Физико-химические показатели сока ($M \pm m, n=3$)

Сорт яблок	Сухие вещества, %	Сахара, г/100 см ³	Титруемые кислоты, г/дм ³	Сахарокислотный индекс	Витамин С, мг/100 см ³ .	Сумма фенольных соединений, г/дм ³
Красноярский сеянец	13,6±0,5	12,3±0,2	10,8±0,7	11,4±0,7	11,4±0,2	1,1±0,5
Красная гроздь	13,8±0,5	12,5±0,2	7,2±0,5	17,4±1,1	17,4±0,4	1,7±0,7
Уральское наливное	10,8±0,3	7,0±0,1	4,9±0,3	14,3±0,9	14,3±0,3	1,4±0,6
Светлое	11,5±0,4	6,0±0,1	4,8±0,3	12,5±0,8	12,4±0,2	1,2±0,5
Пепинчик красноярский	10,0±0,3	5,0±0,1	5,7±0,4	8,8±0,6	8,8±0,2	0,9±0,4

Красноярский снегирёк	12,9±0,4	11,7±0,2	10,6±0,7	11,3±0,7	11,0±0,2	1,1±0,5
Лада	12,0±0,4	10,8±0,2	6,9±0,4	15,6±1,0	15,6±0,3	1,6±0,7
Среднее значение	11,0±0,4	8,5±0,1	6,5±0,4	13,0±0,8	13,0±0,3	1,3±0,6

Из полученных данных видно, что исследуемые яблочные соки существенно различаются по физико-химическим показателям. Содержание сухих веществ в среднем составило 10,9 % и варьирует в пределах 13,8 – 10,0 %, что в основном больше регламентированного минимального значения 10 % и соответствует ГОСТ Р 52184-2003 «Соки фруктовые прямого отжима».

Содержание титруемых кислот в соках тоже является нормируемым показателем. В изучаемых образцах титруемая кислотность изменяется от 4,8 г/дм³ (Светлое) до 10,8 (Красноярский сеянец). Это соответствует ГОСТ 52184-2003, по которому в соках из плодов ранних сроков созревания титруемых кислот должно быть 0,3–1,2 %, а поздних сроков – 0,4–1,4 %.

Массовая доля сахаров в соке не нормируется, но является важным технологическим показателем, так как определяет органолептическое восприятие, маскирует высокую кислотность. Наибольшее содержание сахаров в соке из яблок Красная гроздь (13,8 %), менее сахаристыми был сок сорта Пепинчик красноярский (9,6 %).

По мнению ряда авторов, наиболее пригодными для производства соков являются сорта сахаро-кислотный индекс которых равен 10–15 ед., при содержании органических кислот 6 – 9 г/дм³, сахаров выше 9 %.

Этим показателям соответствуют не все сорта. Отклонение по сахару имеют соки у сортов Светлое и Пепинчик красноярский, по кислотности – Красноярский сеянец и Красноярский снегирёк и по сахаро-кислотному индексу – Пепинчик красноярский. Тем не менее, их можно использовать в купажах с менее кислыми соками.

Содержание фенольных соединений не относится к нормируемым показателям, но определяет пищевую и функциональную ценность соков. Для изучаемых сортов изменяется в диапазоне от 1 до 2 г/дм³.

Их количество зависит от содержания в исходном сырье, технологических режимов переработки, активности ферментов (полифенолоксидазы и пероксидазы) от 1,7 (Красная гроздь) до 0,9 (Пепинчик красноярский).

В компонентном составе фенольных соединений в соке из яблок сорта Красноярский снегирёк, а также в его эфирном экстракте найдено 15 фенольных соединений, представленных фенолкарбонными кислотами, дигидрохалконами, флаван-3-олами и флавононами.

В яблочном соке и в его эфирном экстракте в составе фенолкарбонных кислот идентифицированы хлорогеновая кислота, пара-кумарилхиновая кислота и кофейная кислота.

Производные дигидрохалконов представлены 2'-О-ксилозидом флоретина, флоридзином и флоретином. Среди данных соединений наиболее интересен, с точки зрения медицинского применения, флоретин, обладающий антиоксидантной и противораковой активностью.

Из представителей группы флаван-3-олов найден (+)-катехин и его изомер (-)-эпикатехин. С технологической точки зрения считается, что мономерные катехины имеют положительное влияние на качество напитков, защищая их от окисления благодаря своим восстанавливающим свойствам. Однако при хранении и

в процессе технологической переработки соков эти соединения склонны к ди- и полимеризации. (+) Катехин образует два димера: продельфинидин и процианидин В3, которые взаимодействуя с белками, содержащимися в соке, что может приводить к образованию коллоидного помутнения напитков.

Наибольшее число идентифицированных соединений принадлежит к группе флавонолов, среди которых в исследуемом яблочном соке обнаружены кверцетин и его гликозиды: 3-О-глюкозид кверцетина, 3-О-галактозид кверцетина, 3-О-ксилозид кверцетина, 3-О-арабинозид кверцетина, 3-О-рамнозид кверцетина (кверцитрин), 3-О-рутинозид кверцетина (рутин). Кверцетин широко известен благодаря своей выраженной антиоксидантной активности. По своему физиологическому воздействию большое значение имеет рутин. Он проявляет активность витамина Р и применяется для предотвращения хрупкости капиллярных кровеносных сосудов.

Микробиологические показатели соков проверяли в свежеполученных соках, которые хранились в камере при минус 15 °С 3, 6, 9, 12 месяцев. Бактерии и дрожжи не обнаружены.

Разработка технологии получения пектинового концентрата

Исследование процессов извлечения пектиновых веществ из яблочных выжимок. При получении сока протопектин частично гидролизует, но в основном остается в выжимке. По нашей оценке, на его долю приходится до 1,0 % от общего содержания, в пересчете на сухие вещества. Качественные показатели приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели качества пектиновых экстрактов (M±m, n=3)

Условия гидролиза	Показатели качества экстракта			
	pH	Сухие вещества, %	Пектиновые вещества, %	Содержание балластных веществ, %
	Контроль. Экстрагент - вода			
	3,4±0,3	8,5±0,3	1,6±0,3	5,9±0,3
Массовая доля кислоты, %	Винная кислота			
0,6	3,1±0,3	7,8±0,3	1,3±0,2	5,6±0,3
0,8	3,2±0,3	8,5±0,3	1,7±0,3	7,0±0,4
1,0	3,1±0,3	9,5±0,3	2,0±0,3	7,0±0,4
1,2	2,9±0,2	9,6±0,3	1,9±0,3	8,0±0,4
1,4	2,8±0,2	9,6±0,3	1,9±0,3	8,0±0,4
Концентрация фермента, г/кг	Фермент Целлюлюкс А			
1,5	3,4±0,3	8,5±0,3	1,7±0,3	6,0±0,3
2,2	3,5±0,3	8,7±0,3	1,7±0,3	7,0±0,4
3,0	2,9±0,2	9,2±0,3	1,9±0,3	7,0±0,4
4,5	2,9±0,2	9,7±0,3	2,0±0,3	8,0±0,4
5,2	2,8±0,2	9,6±0,3	2,0±0,3	8,0±0,4

Условия гидролиза и процесса экстрагирования пектиновых веществ из яблочных выжимок подбирали на основе анализа литературных данных. Гидро модуль 1:5, температура 80 °С. В эксперименте сравнивали экстракцию водой, кислотой и с помощью ферментов.

На основе полученных данных установлено, что максимальный выход пектиновых веществ (2,0 %) получен при ферментативном гидролизе с концентрацией фермента Целлюлюкс-А 4,5 г/кг.

Раствор винной кислоты в концентрации (1 %) дает аналогичный результат, но применение в производстве агрессивных сред не желательно. Содержание балластных веществ (остаток сахара, минеральные элементы, красящие вещества, частички клетчатки) изменяется в интервале 5,9–8,0 %. Для изготовления лекарственных препаратов чистота пектина играет важную роль. Наличие балластных веществ в пектинах снижает их студнеобразующие и сорбционные свойства.

Поэтому перед извлечением пектиновых веществ производится экстрагирование водорастворимых компонентов.

Далее изучали зависимость качественных показателей пектиновых экстрактов от температуры гидролиза. Продолжительность гидролиза 2 часа (табл. 9).

Таблица 9 – Зависимость показателей качества пектиновых экстрактов от температуры процесса ферментативного гидролиза ($M \pm m$, $n=3$)

Температура °С	Показатели качества экстракта			
	рН	Сухие вещества, %	Пектиновые вещества, %	Содержание балластных веществ, %
55	3,1±0,3	7,8±0,3	1,3±0,2	5,0±0,3
60	3,2±0,3	8,5±0,3	1,7±0,3	7,0±0,4
65	3,1±0,3	9,5±0,3	2,0±0,3	7,0±0,4
70	2,9±0,2	9,6±0,3	2,0±0,3	8,0±0,4
75	2,8±0,2	9,6±0,3	1,9±0,3	8,0±0,4
80	2,8±0,2	9,7±0,3	1,8±0,3	9,0±0,5

С повышением температуры до 70 °С наблюдаем одновременное увеличение сухих и пектиновых веществ, при дальнейшем повышении - сухие вещества растут, а содержание пектиновых веществ снижается. Причиной может быть их разрушение.

Содержание балластных веществ возрастает в интервале температур 70–80°С. Следует отметить, что при температуре 65 °С пектиновый экстракт светлее, чем при температуре 75–80 °С.

При изучении влияния продолжительности процесса на качественные показатели пектинового экстракта время гидролиза изменяли от 60 до 180 мин. Температура гидролиза 65 °С (табл.10).

С увеличением продолжительности процесса гидролиза до 150 мин концентрация сухих и пектиновых веществ возрастает до максимального значения 10,8 % и 2,1 % соответственно. Далее незначительно понижаются.

Таблица 10 – Зависимость показателей качества пектиновых экстрактов от продолжительности процесса гидролиза ($M \pm m$, $n=3$)

Продолжительность, мин	Показатели качества экстракта			
	рН	Сухие вещества, %	Пектиновые вещества, %	Содержание балластных веществ, %
60	3,2±0,3	7,5±0,3	1,1±0,2	5,0±0,3
90	3,2±0,3	8,3±0,3	1,9±0,3	7,0±0,4
120	2,9±0,2	10,8±0,4	2,1±0,3	7,0±0,4
150	2,9±0,2	10,6±0,4	2,1±0,3	8,3±0,4
180	2,8±0,2	10,6±0,4	1,9±0,3	8,2±0,4

Следовательно, время гидролиза пектиновых веществ из яблочных выжимок должно составлять 120–150 мин.

Для установления оптимального гидромодуля соотношение сырья к экстрагенту меняли от 1:3 до 1:12 (табл. 11).

Таблица 11 – Зависимость показателей качества пектиновых экстрактов от количества экстрагента ($M \pm m$, $n=3$)

Гидромодуль	Показатели качества экстракта			
	pH	Сухие вещества, %	Пектиновые вещества, %	Содержание балластных веществ, %
1:3	3,1±0,3	7,3±0,3	1,2±0,2	6,5±0,3
1:5	3,2±0,3	8,5±0,3	2,2±0,3	7,3±0,4
1:8	2,8±0,2	10,5±0,4	2,3±0,3	7,0±0,4
1:10	2,9±0,2	9,6±0,3	2,0±0,3	6,5±0,3
1:12	2,9±0,2	8,9±0,3	2,0±0,3	5,4±0,3

Из полученных данных оптимальным следует считать гидромодуль 1:5 и 1:8.

Увеличение экстрагента приводит к некоторому снижению выхода пектиновых веществ. При увеличении доли экстрагента наблюдали снижение доли балластных веществ с 7,3 до 5,4 %.

На основе полученных результатов была разработана технология получения пектинового экстракта из яблочных выжимок, позволяющая одновременно получать пищевой порошок, который также может быть использован в продуктах питания функционального назначения. Отличительной особенностью схемы являлось ферментативное удаление сахаров.

Способ удаления сахаров из пектинового экстракта

Для брожения были использованы сухие лиофилизированные дрожжи штамма Lalvin 71В-1122. Данный штамм усваивает больше яблочной кислоты (от 20% до 40%) при брожении, чем большинство других дрожжей. При приготовлении дрожжевой разводки воду подогрели до 30–35 °С, дрожжи разводили в соотношении 1:10 и выдерживали 30 мин для восстановления гидратной оболочки. После этого использовали для брожения, температуру поддерживали на уровне 20–25 °С. Продолжительность брожения составила 24 часа. Основное содержание сахаров в пектиновом экстракте сбродило примерно за 12 часов. Далее концентрация менялась в пределах погрешности методики $\pm 0,1$.

Также была разработана аппаратурно-технологическая схема производства пектинового концентрата и пищевого порошка из яблочных выжимок (рис.3):

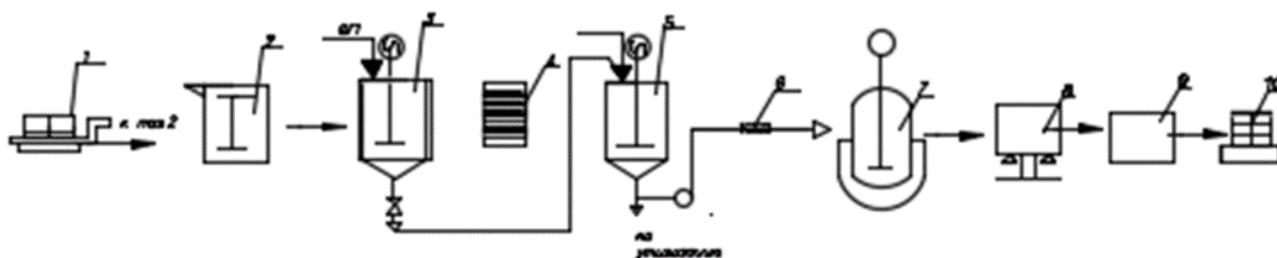


Рисунок 3 – Аппаратурно-технологическая схема производства пектинового концентрата и пищевого порошка из яблочных выжимок:

1 – весы, 2 – дробилка, 3 – экстрактор-ферментёр, 4 – пресс, 5 – ёмкость для удаления сахаров, 6 – фильтр, 7 – вакуум-аппарат, 8 – разливочный автомат, 9 – упаковочный автомат, 10 – упакованная продукция.

Поступающие на производство выжимки взвешивают (1), выгружают в бункер (2) откуда ковшовым транспортёром передают в экстрактор-ферментёр (3), оборудованный ложным сетчатым дном, мешалкой (12–15 об/мин) и паровой рубашкой. Выжимки в экстракторе заливают водой (1:8), вводят ферментный препарат (Целлолюкс-А 4,5 г/кг сырья), смесь подогревают до 65°C, и выдерживают при этой температуре в течении 120 мин. Основное количество экстракта сливают самотёком через спускной вентиль, а оставшийся в мокрых выжимках экстракт прессуют на соковых прессах (4). Полученный пектиновый экстракт передают в ёмкость для ферментативного удаления оставшихся сахаров (5). Затем фильтруют и направляют в вакуум-аппарат (6) для выпаривания до содержания сухих веществ в рабочем растворе 25-30 % (по рефрактометру), а пектина 9-12 %. Концентрирование пектинового экстракта ведут в вакуум-аппаратах с выносной поверхностью нагрева при температуре до 55 °С.

Перед началом розлива пектинового концентрата все упаковочные материалы подвергаются инспекции. После стадии этикетирования бутылки с нанесёнными этикетками направляются на хранение и реализацию.

На основе полученных данных выполнены расчёты по выходу целевого продукта. При содержании в сухих выжимках пектиновых веществ 2,6 % из одного килограмма с учётом потерь можно получить около 20 г чистого пектина или 200 мл пектинового концентрата.

Полученный пектиновый экстракт по внешнему виду слегка вязкая, светло коричневого цвета жидкость, со слабо выраженным ароматом и вкусом сырья. Содержание, в %: сухих веществ – 25–30 %; пектиновых веществ – 9–12 %; рН–3,8.

Режимы были апробированы в полупроизводственных условиях.

Изучение потребительских предпочтений жителей г. Иркутска

Изучение потребительских предпочтений жителей г. Иркутска проводили на базе ассортимента соковой продукции крупных сетевых магазинов. В опросе приняли участие более 500 респондентов разных возрастов и социального положения для определения целевой аудитории и перспективы вывода на рынок соков функциональной направленности на основе местного сырья. Показано что организация на территории Иркутской области производства с комплексным подходом к переработке местного растительного сырья будет иметь ряд конкурентных преимуществ, прежде всего лучшее соотношение цены и качества, функциональность, отсутствие консервантов, снижение затрат на перевозку, экологичность, безотходность производства, возможность выпуска широкого ассортимента пектинсодержащих продуктов.

Разработка рецептуры напитка «Пектин Прибайкалья»

На основе проведённого маркетингового исследования было принято решение разработать напиток «Пектин Прибайкалья».

Исходя из полученных данных и ориентируясь на оптимальные показатели купажа (сахарокислотный индекс: 10–15; кислотность: 6–9 г/дм³; сахар не ниже 9 %) следует, что сорта Красная гроздь, Уральское наливное и Лада можно использовать в приготовлении напитков без смешивания как сортовые продукты. Для сортов

Красноярский сеянец, Красноярский снегирёк (отклонение по кислотности) и Светлое, Пепинчик красноярский (отклонение по сахару) следует рассчитать купажи, позволяющие скорректировать состав.

Было разработано несколько купажей и выбрана оптимальная рецептура (табл. 12).

Таблица 12 – Рецептура напитка «Пектин Прибайкалья»

Наименование сырья	Расход на 1000 мл готового продукта
Яблочный сок, мл	600
Пектиновый концентрат (из яблок), мл	90
Сахарный сироп, мл	186
Вода, мл	124
Дигидрокверцетин, мг	114
Итого, мл	1000

На данный напиток оформлена ТИ ГОСТ 28499-2014. Апробация проведена на предприятии ООО «Энолог». Разработана технологическая инструкция и получена декларация о соответствии.

В четвертой главе

Был произведен расчёт основных технико-экономических показателей нового предприятия или модернизации действующего ООО «Энолог». Представлена сводная таблица 13.

Таблица 13 – Основные технико-экономические показатели проектируемого предприятия

Показатели	Значения
Выпуск продукции	
В натуральном выражении	
- производство напитков, тыс. л/год	375
В стоимостном выражении, тыс. руб	160000
Полная себестоимость товарной продукции, тыс. руб	134732,66
Затраты на 1 рубль товарной продукции, руб	0,84
Прибыль от реализации продукции, тыс. руб	25267,34
Чистая прибыль, тыс. руб.	19203,18
Рентабельность продукции, %	14,25
Среднесписочная численность работающих, чел.	20
Производительность труда, тыс. руб/чел	8000
Среднемесячная заработная плата, руб.	48,45
Капитальные вложения, тыс. руб.	55900
Срок окупаемости капитальных вложений, г	2,44

Полученные результаты расчёта основных технико-экономических показателей показывают, что чистая прибыль предприятия составит 19203,18 тыс.руб., затраты на 1 рубль товарной продукции – 0,84 руб., среднемесячная заработная плата 48,45 тыс. руб., при этом рентабельность предприятия достигнет 14 %, а срок окупаемости капитальных вложений составит около 2,5 лет.

Выводы

1. Показана целесообразность переработки плодов мелкоплодных яблонь Иркутской области, характеризующихся высокой кислотностью (от 4,8 до 10,8 г/дм³), средней сахаристостью (от 5,0 до 12,5 г/100 см³) и содержанием

пектиновых веществ от 0,9 до 1,4 % с получением продуктов повышенной физиологической ценности. Установлено, что пектиновые вещества исследованных сортов яблок являются низкоэтерифицированными, что свидетельствует о их высокой желирующей и сорбционной способности к ионам тяжелых металлов.

2. Обоснована технология получения сока прямого отжима из мелкоплодных яблок Иркутской области без использования консервантов и пастеризации. Установлено, что применение ферментных препаратов Фруктоцим Пб-Л (0,003 см³/кг) и Целлолюкс А (4,5 г/кг) при 35 °С в течение 3-4 ч способствует увеличению выхода сока на 8–10%, а наибольший выход (12,1%) получен при совместном использовании ферментных препаратов. Показана целесообразность хранения сока в замороженном виде.

3. Установлено, что сок мелкоплодных яблок Иркутской области характеризуется высоким содержанием биологически активных веществ: витамина С (8,8–17,4 мг/100 см³) и фенольных соединений (0,9–1,7 г/дм³), представленных фенолоксидными, флаван-3-олами, гликозидами флавонолов, производными дигидрохалконов и др. Показано, что сок, полученный из плодов, имеющих отклонения по сахару (Светлое – 6,0 г/100 см³, Пепинчик красноярский – 5,0 г/100 см³) и по кислотности (Красноярский сеянец – 10,8 г/дм³, Красноярский снегирик – 10,6 г/дм³) предпочтительнее использовать в купажах.

4. Научно обоснованы и экспериментально подтверждены технологические режимы получения пектинового концентрата из выжимок мелкоплодных яблок ферментативным способом: гидромодуль – 1:5–1:8, концентрация Целлолюкс А – 4,5 г/кг сырья, температура – 65 °С, продолжительность обработки – 2–2,5 ч. Предложенная технология предусматривает очистку пектинового экстракта от сахаров с помощью лиофилизированных дрожжей штамма Lalvin 71В-1122 при 20 – 25 °С в течение 24 ч, вместо традиционно применяемой отмывке их ледяной водой. Для готового продукта определены показатели безопасности и установлен срок хранения 1 год.

5. Разработана рецептура напитка «Пектин Прибайкалья». Физиологическая ценность напитка обусловлена присутствием в соке флавоноидов и фенолоксидов, а также введением источника растворимых пищевых волокон – пектинового концентрата до содержания пектиновых веществ в готовом напитке не менее 8,0 г/100 мл) и антиоксиданта (дигидрохверцетина) не менее 10 мг/100 мл.

6. Рассчитаны основные технико-экономические показатели: чистая прибыль предприятия составит 19203,18 тыс. руб., затраты на 1 рубль товарной продукции – 0,84 руб., среднемесячная заработная плата 48,45 тыс. руб., при этом рентабельность предприятия достигнет 14,25 %, а срок окупаемости капитальных вложений составит около 2,5 лет.

Список публикаций по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Немчинова, А.И.** Химический состав перспективных сортов яблонь южного Прибайкалья / **А.И. Немчинова, Г.С. Гусакова.** // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2020. – № 5 (64). – С. 66–71.

2. **Немчинова, А.И.** Обоснование вывода на рынок функционального напитка «Пектин Прибайкалья – яблоко» / **А.И. Немчинова** // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 2 (167). – С. 187–194.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Супрун, Н.П. Исследование биохимического состава плодов яблони Южного Прибайкалья и продуктов виноделия, сброженных на древесной щепе / Н.П. Супрун, Г.С. Гусакова, М.А. Раченко, А.Н. Чеснокова, Чупарина Е.В., **А.И. Немчинова**, Макаров С.С. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – № 9 (4). – С. 722–737.

2. Rachenko, M.A. The fruit of Siberian apple varieties as raw material for juice production / M.A. Rachenko, G.S. Gusakova, **A.I. Nemchinova**, A.M. Rachenko and E.G. Khudonogova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Volume 421. Issue 3. – P. 032022.

Статьи, опубликованные в сборниках по материалам конференций:

1. **Немчинова, А.И.**, Гусакова, Г.С. Производство соков на основе мелкоплодных яблок Иркутской области / **А.И. Немчинова**, Г.С. Гусакова. // Актуальные проблемы химии и биотехнологии: материалы I Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 85-летию ИРНИТУ (г. Иркутск, 28–29 апреля 2015 г.). – Иркутск: изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2015. – С. 89-92.

2. **Немчинова, А.И.** Анализ конкуренции соковой продукции, реализуемой на рынке города Иркутска / **А.И. Немчинова**, С.Н. Евстафьев, Г.С. Гусакова // Научный диалог: Молодой ученый: сборник научных трудов по материалам XII международной научно-практической конференции (г. Санкт-Петербург, 22 декабря 2017 г.). – Санкт-Петербург: изд-во Научно-издательский центр «Science Book Online» Санкт-Петербург, 2017. – С. 23–26.

3. **Немчинова, А.И.** Определение концепции разработки броидильного оборудования для производства плодового-ягодных вин из местного сырья / **А.И. Немчинова**, Н.О. Тютрин // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы докладов VII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (г. Иркутск, 26–28 апреля 2017 г.). – Иркутск: изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2017. – С. 405-413.

4. **Немчинова, А.И.** Получение пектинового экстракта / **А.И. Немчинова**, Г.С. Гусакова // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг: материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Иркутск, 25–27 апреля 2018 г.). – Иркутск: изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2018. – С. 199-203.

5. **Немчинова, А.И.** Исследование мелкоплодных сортов яблок Прибайкалья / **А.И. Немчинова**, Н.П. Супрун, А.И. Дорохова, Г.С. Гусакова, А.Н. Чеснокова // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг: материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Иркутск, 24–26 апреля 2019 г.). – Иркутск: изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. – С. 159-164.

6. **Немчинова, А.И.** Выбор рецептурных компонентов для ягодно-овощного смузи / **А.И. Немчинова**, С.В. Котенко, Г.С. Гусакова // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг: материалы IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (г. Иркутск, 15–17 апреля 2020 г.). – Иркутск: изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2020. – С. 156-162.