

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ /
BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICAL ACTIVE SUBSTANCES

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.5>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОССИЙСКИХ СОРТОВ КУКУРУЗЫ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА

Научная статья

Витман В.Е.^{1,*}, Баланов П.Е.², Смотраева И.В.³

¹ ORCID : 0009-0006-8336-9867;

² ORCID : 0000-0002-0610-9248;

³ ORCID : 0000-0003-1255-832X;

^{1,2,3} Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vitman[at]itmo.ru)

Аннотация

Статья основана на исследовании возможности применения российских сортов кукурузы в пищевой промышленности в качестве солода. В работе описывается значение солода как ключевого компонента технологического процесса в производстве разнообразных продуктов, начиная от пива и заканчивая молочной и мясной промышленностью. В ходе исследования анализируются химические характеристики кукурузы различных сортов и их пригодность для производства солода. Выявляется, что сахарная кукуруза демонстрирует стабильные характеристики, которые могут быть использованы в производственных целях. Тем не менее кукурузный солод имеет низкую диастатическую активность и неполное осахаривание крахмала из-за недостаточной активности ферментов. Следовательно, кукурузный солод мало подходит для пивоваренной промышленности из-за указанных недостатков, но его свойства могут быть ценными для других сфер пищевой промышленности. Исследование позволяет сделать выводы о возможностях применения кукурузного солода и определить его перспективы в пищевой промышленности.

Ключевые слова: кукуруза, солод, пищевое производство.

A STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING RUSSIAN MAIZE VARIETIES FOR MALT PRODUCTION

Research article

Vitman V.E.^{1,*}, Balanov P.Y.², Smotraeva I.V.³

¹ ORCID : 0009-0006-8336-9867;

² ORCID : 0000-0002-0610-9248;

³ ORCID : 0000-0003-1255-832X;

^{1,2,3} ITMO National Research University, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (vitman[at]itmo.ru)

Abstract

The article is based on the study of the possibility of using Russian maize types in the food industry as malt. The work describes the importance of malt as a key component of the technological process in the production of a variety of products, ranging from beer to the dairy and meat industries. The study analyses the chemical characteristics of maize of different varieties and their suitability for malt production. It is revealed that sugar maize exhibits stable characteristics that can be utilized for production purposes. However, maize malt has low diastatic activity and incomplete starch saccharification due to insufficient enzyme activity. Consequently, maize malt is not well suited for the brewing industry due to these drawbacks, but its properties may be valuable for other areas of the food industry. The study makes it possible to draw conclusions about the potential applications of corn malt and determine its prospects in the food industry.

Keywords: maize, malt, food processing.

Введение

Пищевая промышленность России активно использует солод и солодовые экстракты не только в качестве добавок, улучшающих вкус и аромат продукции, но и как важные компоненты технологического процесса производства различных товаров. Основное применение солода находит в пивоваренной промышленности, где он является основным полуфабрикатом для приготовления пива, придавая конечному продукту особый аромат, вкус, цвет, влияя на стойкость и качество пены [2], [4].

В последнее время солод активно применяется при производстве хлебного кваса, безалкогольных напитков, этилового спирта, хлебобулочных изделий, молочных продуктов, мясных полуфабрикатов, а также концентратов квасного сула и полисолодовых экстрактов, получаемых из смеси кукурузного, овсяного и пшеничного солодов [4]. В молочной промышленности солод или солодовые экстракты используются в качестве пищевых волокон, источника макро- и микроэлементов, витаминов, аминокислот и белков, обладают консервирующим действием, а сахара, содержащиеся в солоде, придают продукту сладкий вкус без добавления дополнительных сахаров, что делает его безопасным для детей дошкольного и школьного возраста [5], [8], [18]. В мясной промышленности применяется солод из различных злаков, богатых белками и аминокислотами, для обогащения полуфабрикатов и придания им определенной текстуры [15]. В хлебопекарной промышленности солод играет важную роль в формировании вкуса и аромата хлеба, увеличивает срок хранения продуктов, делает выпечку более привлекательной, способствует

увеличению подъемной силы дрожжей [11]. Применение солода при приготовлении кваса позволяет существенно сократить длительность технологического процесса, улучшить вкусовые свойства и стойкость пены продукта [10].

Основными зерновыми культурами для производства солода считаются ячмень, рожь и пшеница. Реже используются овес, кукуруза, рис. Из-за различий в химическом составе зерновых культур показатели готового солода и солодового экстракта значительно различаются, что важно учитывать при производстве различных продуктов. Ячмень наилучшим образом подходит для производства пива, а в качестве добавок могут использоваться ржаной или пшеничный солод, кукуруза и рис в виде муки или сечки. Сухой ячменный светлый солод чаще всего используется как источник ферментов, витаминов, минеральных и красящих веществ [1], [9]. В хлебопекарной промышленности чаще применяется ржаной солод и солода с выраженными вкусоароматическими свойствами, в мясной – солод с высоким содержанием белка, например, рисовый, а в молочной промышленности акцент делается на содержание микро- и макроэлементов, витаминов и сахаров в солоде.

Кукуруза с высоким содержанием крахмала, являющегося источником углеводов солодового экстракта, является хорошим сырьем для бродильной промышленности. Экстрактивность кукурузы выше, чем у ячменя, и составляет 82-90%. Ценными веществами в зерне являются органические регуляторы обмена веществ – фитогормоны: андрогены, эстрогены и влияющие на деление клеток ауксины. Протеолитические ферменты кукурузы в проросшем зерне обеспечивают гидролиз белков, но активность амилолитических ферментов недостаточна для полного осахаривания крахмала, что объясняется низкой активностью β -амилазы. В настоящее время кукурузный солод в России практически не производится и активно используется только в спиртовом производстве, в частности при производстве виски и бурбона. В соложенном виде кукуруза в пивоварении почти не применяется, поэтому способы ее солодоращения изучены недостаточно [1], [9], [13], [14]. Хотя стоит заметить, что кукуруза является перспективной с экономической точки зрения культурой, с высоким уровнем выращивания как в России, так и за рубежом. В 2021 году валовый сбор ее зерна в России составил 14,6 млн. т. (рекордный урожай 15,3 млн. т. был собран в 2016 г.). На 2022 год объем сбора кукурузы составил 11,8 т. Это 3 по объему выращивания культура в РФ после пшеницы и ячменя. Таких объемов достаточно не только для удовлетворения внутренних потребностей страны, но и для экспорта [12], [16].

Целью данной работы стало исследование показателей кукурузного солода из различных российских сортов кукурузы.

Методы и принципы исследования

В качестве материалов исследования выбраны 4 сорта кукурузы трех видов: сахарная, зубовидная и гибридная. Гибридная кукуруза сорта «Био» разработана для проращивания и производства муки, обладает повышенным содержанием макро- и микроэлементов. Выбранные сорта сахарной кукурузы «Лакомка» и «Тройная сладость» широко используются в России, отличаются высокими вкусовыми характеристиками и содержанием сахара до 30%. Они применяются в консервировании, заморозке и в свежем виде. Сорт зубовидной кукурузы «Мечта», широко распространенный в России, используется для производства муки, круп, спирта, крахмала и силоса. Он отличается высоким содержанием крахмала (до 75%), белка (до 10%) и растительного жира (до 5%).

Точный химический состав кукурузы зависит от вида, сорта, почвенно-климатических условий, агротехники, условий хранения и других факторов. В среднем, зерно кукурузы состоит из 14% влаги и 86% сухих веществ, включая 84% органических и 2% минеральных веществ [3].

В вышеописанных образцах проводились анализы массовой доли влаги с использованием экспресс-анализатора влаги и экстрактивности зерна по солодовой вытяжке методом ферментативного гидролиза [17]. Экстрактность, цветность и продолжительность осахаривания солода определялись согласно ГОСТ 29294-2021 [19]. Диастатическую силу солода измеряли по методу Виндиша-Кольбаха (ед. WK), а α -аминный азот определялся медным способом с использованием йодометрического титрования [17].

Процесс замачивания кукурузы включал воздушно-водяной метод при температуре 16-18 °С в водопроводной воде с чередованием водно-воздушных пауз каждые 1,5-2ч до достижения относительной влажности зерна 39-47%. Проращивание проводилось в течение 5-6 суток при температуре 16-18 °С до полного прорастания зерна при регулярном ворошении и увлажнении. Сушка осуществлялась с постепенным повышением температуры от 50-55 °С до 75-80 °С в течение 12 часов до достижения влажности зерна 4-5%.

Результаты и обсуждение

При анализе влажности зерна до и после проращивания, а также во время и после сушки (см. рис.1), наблюдается зависимость влажности от сорта кукурузы (см. таб.1).



Рисунок 1 - Зерно кукурузы до и после проращивания, готовый солод
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.5.1>

Отмечено, что влажность целого зерна и влажность размола значительно различаются, что может указывать на плотность оболочки и сосредоточение влаги внутри зерна. После замачивания влажность образцов варьируется от 24,5 до 28%. При этой влажности был начат процесс проращивания. После проращивания влажность образцов составила 39-47%. За время проращивания образцы набрали 14,9-19,6% влаги. Это нетиповое поведение зерновой культуры при проращивании можно объяснить хорошей проницаемостью зерновой оболочки кукурузы и может рассматриваться как преимущество, так как позволит сократить время замачивания злака. Стоит отметить, что показатели влажности сахарной кукурузы во всем цикле очень близки и различаются в пределах 0,5-1%. Можно сделать вывод, что влажность сахарной кукурузы не зависит от сорта и изменяется одинаково, что упрощает производство солода из кукурузы. Из данных также следует, что основная влага, набранная в процессе замачивания и проращивания, теряется зерном в первый период сушки при 50°C, затем происходит глубокая сушка при 75-80 °С в течение 6 часов и охлаждение для отправки на хранение при 30 °С в течение 1,5-2 часов. Влажность готового солода в лабораторных условиях составила 4-5,3%.

Таблица 1 - Массовая доля влаги кукурузы в ходе исследования

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.5.2>

Название сорта	Влажность целого зерна, %	Влажность зерна, размол, %	Влажность зерна после замачивания, %	Влажность зерна после проращивания, %	Влажность после 4ч сушки при 50°C, %	Влажность готового солода, %
«Био»	4,86	8,68	27,94	42,92	7,73	4,0
«Мечта»	11,78	13,76	24,53	39,47	8,26	4,94
«Лакомка»	8,61	9,85	26,13	45,46	13,18	4,64
«Тройная сладость»	9,10	9,85	26,87	46,37	13,31	5,25

Экстрактивность зерна и солода была определена методом экстракции с осаживающим материалом и без него (самоосахаривание), итоговые данные представлены в таблице 2. Из таблицы видно, что экстрактивность кукурузы составляет 75 до 83%, что сопоставимо с экстрактивностью ячменя (78-82%).

Таблица 2 - Массовая доля экстракта зерна кукурузы и солода

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.5.3>

Название сорта	Экстрактивность зерна кукурузы по солодовой вытяжке, %	Экстрактивность солода из кукурузы по солодовой вытяжке, %	Экстрактивность солода в режиме самоосахаривания, %
«Био»	83,3	87,6	39,2
«Мечта»	80,9	85,5	40,9
«Лакомка»	81,5	86,2	52,4
«Тройная сладость»	75,2	79,7	54,2

В режиме осахаривания, в присутствии осахаривающих материалов, экстрактивность увеличилась, в среднем, на 5% и составила от 80% до 87%, что связано с гидролитическими процессами в проращиваемом зерне.

Особенно следует отметить, что в режиме самоосахаривания экстрактивность солода из кукурузы составляет около 40% для сортов «Био» и «Мечта», и около 53% для сахарной кукурузы сортов «Лакомка» и «Тройная сладость». Также при определении продолжительности осахаривания было выявлено, что спустя 60 минут ни в одном из образцов процесс не завершился полностью. Однако в образцах сахарной кукурузы после 55 минут было замечено незначительное изменение цвета с глубокой фиолетово-синей окраской до серо-синей. Низкую экстрактивность и неполное осахаривание крахмала можно объяснить низкой активностью амилолитических ферментов. В кукурузном солоде наблюдается недостаточная активность β -амилазы, в то время как α -амилаза способна лишь к декстринизации крахмала. Поэтому, если ставится цель – полное осахаривание смеси, то рекомендуется перерабатывать солод из кукурузы на экстракты только в сочетании с солодом из других злаков.

Диастатическая сила солода определяется его ферментативной активностью, способностью расщеплять крахмал на простые сахара во время затираания и выражается в граммах мальтозы, образовавшейся из растворимого крахмала под воздействием 100 г солода. По данным таблицы 3 видно, что кукурузный солод обладает низкой диастатической силой, свидетельствующей о низкой ферментативной активности. Показатели сахарной кукурузы, составляющие 142,7 WK и 142,3 WK в пересчете на сухие вещества, приближены к нормативным показателям для темного солода (150-170 ед. WK) [17].

В ходе исследования была определена активная кислотность затора с помощью pH-метра (см. таб. 3), которая варьируется в пределах 5,4-5,6, что соответствует нормативным значениям кислотности сусла. Цветность сусла (см. таб. 3) из сахарной кукурузы сортов «Лакомка» и «Тройная сладость» составила 0,22 см³ и 0,24 см³ 0,1н. раствора йода на 100 см³ лабораторного сусла, т.е. 3,8 и 4,0 ед. EBC, что соответствует значениям светлого солода. Сорта «Био» и «Мечта» - 0,44 см³ (7,2 ед. EBC) и 0,38 см³ (6,2 ед. EBC) соответственно, имеют цветность, характерную для среднеокрашенного солода [17].

Результаты анализа α -аминного азота медным способом показали (см. таб. 3), что сорт «Био» имеет наименьшее содержание - 14,0 мг на 100 см³ сусла, а сорт «Тройная сладость» - наибольшее - 22,4 мг на 100 см³ сусла, что соответствует показателям для пивного сусла (20-25 мг на 100 см³ сусла). Все сорта находятся в пределах содержания свободного α -аминного азота для светлого сусла (13-30 мг на 100 см³ сусла) [20].

Таблица 3 - Физико-химические показатели солода и сусла из кукурузы

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.5.4>

Название сорта	Диастатическая сила, ед. WK	Диастатическая сила в пересчете на сухие вещества, ед. WK	pH	Цвет, EBC	Аминный азот в 100 см ³ сусла, мг	Аминный азот в 100 г экстракта, мг
«Био»	52,2	90,6	5,4	7,2	14,0	395,3
«Мечта»	54,1	76,7	5,5	6,2	15,4	411,0
«Лакомка»	89,2	142,7	5,6	3,8	19,6	385,1
«Тройная сладость»	77,6	142,3	5,5	4,0	22,4	422,9

Заключение

Солод является важным компонентом в производстве различных продуктов пищевой промышленности, таких как пиво, хлебный квас, молочные продукты, мясные полуфабрикаты, хлебобулочные изделия. В данном исследовании были рассмотрены виды кукурузного солода из различных сортов, что позволяет оптимизировать процесс производства солода из кукурузы. Проведенный анализ показал, что сахарная кукуруза различных сортов обладает стабильными и подходящими для производства солода характеристиками независимо от сорта. Сорта «Лакомка» и «Тройная сладость» продемонстрировали сходные показатели, их широкое распространение в России позволяет использовать их параметры в производственных целях.

Исследование выявило, что кукурузный солод обладает низкой диастатической активностью из-за низкой ферментативной активности, близкой к темному ячменному солоду, низкой экстрактивности и неполного осахаривания крахмала, связанного с низкой активностью амилолитических ферментов. Для увеличения осахаривания крахмала рекомендуется комбинировать кукурузный солод с солодом из других злаков для повышения общей ферментативной активности.

Хотя данные характеристики недостаточны для пивоваренной промышленности, разработка кукурузного солода остается актуальной, так как для других отраслей пищевой промышленности эти параметры не являются критическими. Благодаря своему физико-химическому составу кукурузный солод во многом превосходит ячменный солод и может использоваться в качестве вкусоароматической и функциональной добавки в различных продуктах

питания. Исследование позволяет сделать выводы о свойствах кукурузного солода и определить перспективы его применения в различных сферах пищевой промышленности.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сердюкова Я.П., Донской государственный аграрный университет, Новочеркасск, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.5.5>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Serdyukova Y.P., Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.5.5>

Список литературы / References

1. Асякина Л.К. Биотехнология пищевого сырья и продуктов питания. Часть 1: учебное пособие / Л.К. Асякина, О.В. Белашова, Н.В. Фотина и др. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. — 96 с.
2. Баланов П.Е. Технология солода: Учебно-методическое пособие / П.Е. Баланов, И.В. Смотраева — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2014. — 82 с.
3. Баракова Н.В. Анализ сырья, приготовление осахаренного сусла, зрелой бражки и этилового спирта: учебно-методическое пособие / Н.В. Баракова — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. — 37 с.
4. Белокурова Е.С. Биотехнология продуктов растительного происхождения: Учебное пособие для вузов / Е.С. Белокурова, О.Б. Иванченко — Санкт-Петербург: Лань, 2-е, стереотипное, 2024. — 232 с.
5. Бурмагина Т.Ю. Мороженое на основе солодового экстракта / Т.Ю. Бурмагина, А.И. Гнездилова, В.Б. Шевчук et al. // Молочнохозяйственный вестник. — 2016. — 2 (22). — с. 85-91.
6. Бурмагина Т.Ю. Йогурт для детей дошкольного и школьного возраста / Т.Ю. Бурмагина, А.И. Гнездилова // Молочнохозяйственный Вестник. — 2018. — 1. — с. 98-106.
7. Бурмагина Т.Ю. Экономическая эффективность производства консервированных молочных продуктов с сахаром, солодом и солодовым экстрактом / Т.Ю. Бурмагина, Н.В. Фатеева, А.И. Гнездилова // Молочнохозяйственный Вестник. — 2016. — 4. — с. 120-131.
8. Гнездилова А.И. Концентрированный молочный продукт с сахаром и солодовым экстрактом / А.И. Гнездилова, Т.Ю. Бурмагина // Молочная промышленность. — 2016. — 2. — с. 55-56.
9. Емельянова Н.А. Технология полисолодовых экстрактов в СССР и за рубежом / Н.А. Емельянова, В.Н. Кошечкина, А.В. Данилевская и др. — Москва: АгроНИИТЭИПП, 1990. — 24 с.
10. Пат. 25963791 Российская Федерация, МПК201514292214 C12G. Способ выработки кваса из солода / Квасенков О.И.; заявитель и патентообладатель Квасенков Олег Иванович. — № 201514292214; заявл. 2015-10-09; опубл. 2016-09-10. — 4 с.
11. Коршенко Л.О. Обоснование использования гречневого солода при разработке композиции хлебопекарного уличителя / Л.О. Коршенко, О.Г. Чижикова, Т.В. Танашкина и др. // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — 1. — с. 49-53.
12. Магомедалиев С.А. Продуктивность кукурузы на зерно в приморско-каспийской подпровинции дагестана при разных препаратах роста / С.А. Магомедалиев, М.Р. Мусаев, М.Б. Халилов // Известия Дагестанского ГАУ. — 2023. — 18. — с. 52-56.
13. Нгуен Ван Хынг Использование кукурузы в пивоварении / Ван Хынг Нгуен, Р.Г. Разумовская // Вестник АГТУ. — 2010. — 1(49). — с. 55-58.
14. Нгуен Ван Хынг Применение ЭХА-растворов в технологии солодоращения кукурузы / Ван Хынг Нгуен, Р.Г. Разумовская // Пиво и напитки. — 2011. — 1. — с. 34-36.
15. Нижельская К.В. Солод как источник растительного белка для обогащения мясных рубленых полуфабрикатов / К.В. Нижельская // Время науки. — 2015. — 1. — с. 385-393.
16. Смирнов В.Н. Динамика развития аграрного сектора экономики России в 2022 году / В.Н. Смирнов // Бюллетень науки и практики. — 2023. — 4. — с. 430-433.
17. Смотраева И.В. Анализ качества готового солода: Учебно-методическое пособие / И.В. Смотраева, Т.В. Меледина — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. — 38 с.
18. Бурмагина Т.Ю. Разработка консервированного молочного продукта с сахаром, солодом и солодовым экстрактом : дис. ...канд. : 05.18.04 : защищена 2017-05-29 : утв. 2024-04-10 / Т.Ю. Бурмагина — Ставрополь : 2024. — 207 с.
19. ГОСТ 29294-2021. Солод пивоваренный. Технические условия
20. Моргунова Е.М. Общая технология отрасли Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 1 – 49 01 01 «Технология переработки пищевого растительного сырья» специализации 1 - 49 01 01 04 «Технология бродильных производств и виноделия» дневного и заочного обучения Часть 1 / Е.М. Моргунова, Г.И. Косминский и др. — Могилев: УО «Могилевский государственный университет продовольствия», 2009. — 49 с. — URL: <https://studfile.net/preview/2890344/> (дата обращения: 17.04.2024)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Asjakina L.K. Biotehnologija pischevogo syr'ja i produktov pitaniya. Chast' 1: uchebnoe posobie [Biotechnology of food raw materials and food products. Part 1: Study guide] / L.K. Asjakina, O.V. Belashova, N.V. Fotina et al. — Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvennyj universitet, 2023. — 96 p. [in Russian]
2. Balanov P.E. Tehnologija soloda: Uchebno-metodicheskoe posobie [Malt technology: An educational and methodological guide] / P.E. Balanov, I.V. Smotraeva — Sankt-Peterburg: Universitet ITMO, Institut holoda i biotehnologij, 2014. — 82 p. [in Russian]
3. Barakova N.V. Analiz syr'ja, prigotovlenie osaharennogo susla, zrelej brazhki i etilovogo spirta: uchebno-metodicheskoe posobie [Analysis of raw materials, preparation of sugared wort, mature mash and ethyl alcohol: an educational and methodological guide] / N.V. Barakova — Sankt-Peterburg: NIU ITMO, 2013. — 37 p. [in Russian]
4. Belokurova E.S. Biotehnologija produktov rastitel'nogo proishozhdenija: Uchebnoe posobie dlja vuzov [Biotechnology of plant products: A textbook for universities] / E.S. Belokurova, O.B. Ivanchenko — Sankt-Peterburg: Lan', 2-e, stereotipnoe, 2024. — 232 p. [in Russian]
5. Burmagina T.Ju. Morozhenoe na osnove solodovogo ekstrakta [Ice cream based on malt extract] / T.Ju. Burmagina, A.I. Gnezdilova, V.B. Shevchuk et al. // Dairy Farming Bulletin. — 2016. — 2 (22). — p. 85-91.
6. Burmagina T.Ju. Jogurt dlja detej doskol'nogo i shkol'nogo vozrasta [Yogurt for preschool and school age children] / T.Ju. Burmagina, A.I. Gnezdilova // Dairy Farming Bulletin. — 2018. — 1. — p. 98-106. [in Russian]
7. Burmagina T.Ju. Ekonomicheskaja effektivnost' proizvodstva konservirovannyh molochnyh produktov s saharom, solodom i solodovym ekstraktom [Economic efficiency of the production of canned dairy products with sugar, malt and malt extract] / T.Ju. Burmagina, N.V. Fateeva, A.I. Gnezdilova // Dairy Farming Bulletin. — 2016. — 4. — p. 120-131. [in Russian]
8. Gnezdilova A.I. Kontsentrirovannyj molochnyj produkt s saharom i solodovym ekstraktom [Concentrated dairy product with sugar and malt extract] / A.I. Gnezdilova, T.Ju. Burmagina // Dairy industry. — 2016. — 2. — p. 55-56. [in Russian]
9. Emel'janova N.A. Tehnologija polisolodovyh ekstraktov v SSSR i za rubezhom [Technology of polysolt extracts in the USSR and abroad] / N.A. Emel'janova, V.N. Koshevaja, A.V. Danilevskaja et al. — Moskva: AgroNIITEIPP, 1990. — 24 p. [in Russian]
10. Pat. 25963791 Russian Federation, MPK201514292214 C12G. Sposob vyrabotki kvasa iz soloda [The method of producing kvass from malt] / Kvasenkov O.I.; the applicant and the patentee Kvasenkov Oleg Ivanovich. — № 201514292214; appl. 2015-10-09; publ. 2016-09-10. — 4 p. [in Russian]
11. Korshenko L.O. Obosnovanie ispol'zovaniya grechneвого soloda pri razrabotke kompozitsii hlebopekarnogo ulichshitelja [Justification of the use of buckwheat malt in the development of the composition of a baking mixer] / L.O. Korshenko, O.G. Chizhikova, T.V. Tanashkina et al. // Equipment and technology of food production. — 2014. — 1. — p. 49-53. [in Russian]
12. Magomedaliev S.A. Produktivnost' kukuruzy na zerno v primorsko-kaspijskoj podprovintsii dagestana pri raznyh preparatah rosta [Corn productivity for grain in the Primorsko-Caspian subprovincion of Dagestan with different growth preparations] / S.A. Magomedaliev, M.R. Musaev, M.B. Halilov // News of the Dagestan State Agrarian University. — 2023. — 18. — p. 52-56. [in Russian]
13. Nguen Van Hyng Ispol'zovanie kukuruzy v pivovarenii [The use of corn in brewing] / Van Hyng Nguen, R.G. Razumovskaja // Bulletin of the AGTU. — 2010. — 1(49). — p. 55-58. [in Russian]
14. Nguen Van Hyng Primenenie EHA-rastvorov v tehnologii solodoraschenija kukuruzy [The use of ECHO solutions in corn malting technology] / Van Hyng Nguen, R.G. Razumovskaja // Beer and drinks. — 2011. — 1. — p. 34-36. [in Russian]
15. Nizhel'skaja K.V. Solod kak istochnik rastitel'nogo belka dlja obogaschenija mjasnyh rublenyh polufabrikatov [Malt as a source of vegetable protein for the enrichment of minced meat semi-finished products] / K.V. Nizhel'skaja // SCIENCE TIME. — 2015. — 1. — p. 385-393. [in Russian]
16. Smirnov V.N. Dinamika razvitija agrarnogo sektora ekonomiki Rossii v 2022 godu [Dynamics of development of the agricultural sector of the Russian economy in 2022] / V.N. Smirnov // Bulletin of Science and Practice. — 2023. — 4. — p. 430-433. [in Russian]
17. Smotraeva I.V. Analiz kachestva gotovogo soloda: Uchebno-metodicheskoe posobie [Analysis of the quality of finished malt: An educational and methodological guide] / I.V. Smotraeva, T.V. Meledina — Sankt-Peterburg: NIU ITMO; IHiBT, 2013. — 38 p. [in Russian]
18. Burmagina T.Ju. Razrabotka konservirovannogo molochnogo produkta s saharom, solodom i solodovym ekstraktom [Development of canned dairy product with sugar, malt and malt extract] : dis...of PhD in Natural sciences : 05.18.04 : defense of the thesis 2017-05-29 : approved 2024-04-10 / T.Ju. Burmagina — Stavropol' : 2024.— 207 p. [in Russian]
19. GOST 29294-2021. Solod pivovarennyj. Tekhnicheskie usloviya [GOST 29294-2021. Malt brewing. Technical conditions]. [in Russian]
20. Morgunova E.M. Obschaja tehnologija otrasli Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam dlja studentov spetsial'nosti 1 – 49 01 01 «Tehnologija pererabotki pischevogo rastitel'nogo syr'ja» spetsializatsii 1 - 49 01 01 04 «Tehnologija brodil'nyh proizvodstv i vinodelija» dnevnogo i zaocnogo obuchenija Chast' 1 [General technology of the industry Methodological guidelines for laboratory work for students of the specialty 1 – 49 01 01 "Technology of processing of edible vegetable raw materials" specialization 1 - 49 01 01 04 "Technology of fermentation and winemaking" full-time and distance learning Part 1] / E.M. Morgunova, G.I. Kosminskij, N.A. Shelegova et al. — Mogilev: UO «Mogilevskij gosudarstvennyj universitet prodovol'stvija», 2009. — 49 p. — URL: <https://studfile.net/preview/2890344/> (accessed: 17.04.2024) [in Russian]