

3. Шагова М.В. Гигиеническая оценка обеспеченности селеном беременных женщин и детей России: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2000. – 26 с.

4. Stewart R.D., Griffiths N.M., Thomson C.D., Robinson M.F. Quantitative selenium metabolism in normal New Zealand women // Br. J. Nutr. – 1978. – Vol. 40 (1). – P. 45-54.

5. Thomson C.D. Selenium speciation in human body fluids // Analyst. – 1998. – Vol. 123 (5). – P. 827-831.

6. Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А., Голубкина Н.А., Кушлинский Н.Е., Соколов Я.А. Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. – М.: Изд-во РАМН, 2002. – 224 с.

7. Тутельян В.А., Мазо В.К., Ширина Л.И. Значение селена в полноценном питании человека // Гинекология. – 2002. – Т. 4. – № 2. – С. 24-29.

8. Ermakov V.V. Problems of extremal geochemical ecology and biogeochemical study of the biosphere // Biogeochemistry and Geochemical Ecology. – М.: Publ. GUN NPC TMG MZ RF, 2001. – P. 98-144.

9. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищевая промышленность, 1997. – 200 с.

10. Черняев С.И. Разработка научно-практических основ биотехнологии новых функциональных молочных продуктов: дис. ... докт. техн. наук. – М., 2002. – 346 с.

References

1. Petrova S.P., Kharitonov D.V., Agarkov E.Yu. Obogashchenie produktov uglevodno-vitaminnyimi premiksami // Molochnaya promyshlennost'. – 2002. – № 10. – S. 29-30.

2. Pishchevye proizvodstva Chelyabinskoi oblasti: Statisticheskii sbornik / Territorial'nyi organ Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Chelyabinskoi oblasti. – Chelyabinsk, 2013. – 65 s.

3. Shagova M.V. Gigenicheskaya otsenka obespechennosti selenom beremennykh zhenshchin i detei Rossii: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. – М., 2000. – 26 s.

4. Stewart R.D., Griffiths N.M., Thomson C.D., Robinson M.F. Quantitative selenium metabolism in normal New Zealand women // Br. J. Nutr. – 1978. – Vol. 40 (1). – P. 45-54.

5. Thomson C.D. Selenium speciation in human body fluids // Analyst. – 1998. – Vol. 123 (5). – P. 827-831.

6. Tutel'yan V.A., Knyazhev V.A., Khotimchenko S.A., Golubkina N.A., Kushlinskii N.E., Sokolov Ya.A. Selen v organizme cheloveka: metabolizm, antioksidantnye svoistva, rol' v kantserogeneze. – М.: Izd-vo RAMN, 2002. – 224 s.

7. Tutel'yan V.A., Mazo V.K., Shirina L.I. Znachenie selena v polnotsennom pitanii cheloveka // Ginekologiya. – 2002. – Т. 4. – № 2. – С. 24-29.

8. Ermakov V.V. Problems of extremal geochemical ecology and biogeochemical study of the biosphere // Biogeochemistry and Geochemical Ecology. – М.: Publ. GUN NPC TMG MZ RF, 2001. – P. 98-144.

9. Grachev Yu.P. Matematicheskie metody planirovaniya eksperimentov. – М.: Pishchevaya promyshlennost', 1997. – 200 s.

10. Chernyaev S.I. Razrabotka nauchno-prakticheskikh osnov biotekhnologii novykh funktsional'nykh molochnykh produktov: dis. ... dokt. tekhn. nauk. – М., 2002. – 346 s.



УДК 637.137

М.Г. Курбанова, О.Г. Позднякова
M.G. Kurbanova, O.G. Pozdnyakova

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

THE STUDY OF MILK-PROTEIN CONCENTRATE FREEZE-DRYING PARAMETERS

Ключевые слова: консервирование, сушка, молочно-белковые концентраты, казеин, питание, криоскопические температуры, влага, десублиматоры.

Приведены результаты исследований по выбору температуры сушки молочно-белковых концентратов на примере кислотного гидролизата казеина, ферментативного гидролизата сывороточных белков и кислотно-ферментативного гидролизата казеина. Из проведенных ранее исследований выявлено, что по содержанию основных

компонентов и физико-химическим свойствам, определяющим молочно-белковые гидролизаты, как объект для сублимационной сушки, они имеют близкие показатели. Необходимость обоснованного выбора температуры замораживания молочно-белковых концентратов для сублимационной сушки и отсутствие сведений по количеству вымороженной влаги в нем в зависимости от температуры замораживания и начальной криоскопической температуры определили направление исследований данной работы. Результаты исследований показывают, что между криоскопической

температурой и содержанием сухих веществ в молочно-белковых концентратах в пределах от 10 до 18% существует обратная логарифмическая зависимость, описываемая для каждого вида молочно-белковых концентратов своим характерным аппроксимирующим уравнением. Представленные кривые показывают, что 60-73% влаги в молочно-белковых концентратах вымораживается при температуре -40°C . Дальнейшее понижение температуры не приводит к заметному увеличению количества вымороженной влаги в гидролизатах. Таким образом, учитывая результаты экспериментальных исследований и принимая во внимание режимы работы десублиматоров промышленных сублимационных установок, молочно-белковые гидролизаты следует замораживать до температуры -40°C , количество вымороженной влаги зависит от вида молочного гидролизата, в частности от его начальной криоскопической температуры. При одной и той же температуре замораживания количество вымороженной влаги в молочно-белковых концентратах уменьшается с понижением их криоскопической температуры.

Keywords: *canning, drying, milk protein concentrates, casein, nutrition, cryoscopic temperature, moisture, desublimators.*

Курбанова Марина Геннадьевна, д.т.н., доцент, зав. каф. «Технология хранения и переработки с.-х. продукции», Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 60-45-70. E-mail: intech@ksai.ru.

Позднякова Ольга Георгиевна, к.т.н., доцент, каф. «Технология хранения и переработки с.-х. продукции», Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 60-45-70. E-mail: intech@ksai.ru.

The research findings on the choice of drying temperature for milk-protein concentrates using the example of casein acid hydrolysate, enzymatic hydrolysate of whey proteins and casein acid-enzymatic hydrolysate are discussed. The need for a reasonable choice of freezing temperature of milk-protein concentrates for freeze-drying and the lack of data on freeze-out moisture depending on the freezing temperature and initial cryoscopic temperature determined the research goal. The research results show that there is inverse logarithmic dependence between the cryoscopic temperature and solids content in milk-protein concentrates in the range of 10% to 18%; this dependence is described by its own approximating equation for each type of milk-protein concentrate. Thus, taking into account the experimental results and the operation regimes of commercial freeze-drying units, milk-protein hydrolysates should be frozen to 40°C below zero. The presented curves show that 60-73% of moisture in the milk-protein concentrates freeze out at a temperature of 40°C below zero. The further decrease of temperature does not lead to noticeable increase of freeze-out moisture amount from the hydrolysates.

Kurbanova Marina Gennadyevna, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Agricultural Product Storage and Processing, Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 60-45-70. E-mail: intech@ksai.ru.

Pozdnyakova Olga Georgiyevna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Product Storage and Processing, Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 60-45-70. E-mail: intech@ksai.ru.

Введение

Фундаментальным итогом исследования в области питания является вывод о том, что для лучшего обеспечения жизнедеятельности человека важным является не только снабжение его адекватными количествами энергии и белка, но и соблюдение определенных взаимоотношений между многочисленными незаменимыми факторами питания, каждому из которых принадлежит специфическая роль в обмене веществ [1, 2].

В настоящее время различают более 60 факторов, которые должны присутствовать в определенных пропорциях в рационах питания для обеспечения здоровья человека, и в том числе различные аминокислоты, жирные кислоты, витамины, минеральные вещества, микроэлементы и т.д. Формула сбалансированности важнейших пищевых веществ в рационах может несколько меняться в зависимости от условий труда, климатической зоны проживания, а также пола, возраста и индивидуальных особенностей человека. Но главное, ее черты сохраняют свое

значение для питания всех контингентов населения.

Повышение качества, расширение ассортимента и улучшение пищевой полноценности продуктов питания – одна из важнейших задач. В условиях сезонности производства большинства молочных продуктов, в том числе сыров, молочно-белковых концентратов, белковых гидролизатов важное значение приобретает совершенствование и разработка новых методов консервирования. К таким методам относится как вакуумная, так и сублимационная сушка. Проблема сушки влажных материалов решается в нашей стране по следующим основным направлениям: аналитические методы исследования и расчета процесса сушки; исследование и уточнение механизма внешнего и внутреннего переноса энергии и массы при различных способах сушки; развитие технологии и техники сушки [3-5].

Высушивание позволяет защищать биологические материалы, содержащие воду, в отсутствие которой многие химические и ферментативные процессы затормаживаются

или прекращаются. Однако в процессе сушки могут происходить изменения свойств материала, так как при обезвоживании возрастает концентрация солей, что оказывает отрицательное воздействие на белковые компоненты высушиваемого материала. Известно, что во время сушки пищевых продуктов тепловым способом в них происходят некоторые изменения физико-химических и вкусовых свойств, вместе с тем эти продукты остаются годными к употреблению. Но есть материалы, которые в сухом виде должны обладать такими же свойствами, как и нативные. К ним относятся медицинские препараты, антибиотики, хирургические трансплантаты, микробные культуры, вирусы, белковые гидролизаты и др. Эти материалы чрезвычайно лабильны и должны высушиваться в условиях, обеспечивающих минимальные повреждения [6, 7].

Перед техникой сушки в настоящее время стоят задачи изыскания новых, более эффективных методов обезвоживания, создание высокопроизводительных установок, входящих в состав поточных линий, а также автоматизации контроля и регулирования процессов сушки. В решении этих задач важное значение приобретает развитие аналитических методов исследования и расчета процесса сушки.

В настоящее время над проблемами производства сухих молочных продуктов работает возглавляемый академиком В.Д. Харитоновым ВНИМИ и другие научные организации. Пищевые концентраты отличаются хорошим вкусом и высокой питательной ценностью, при небольшой массе и объеме по сравнению с обычными пищевыми продуктами, быстро восстанавливаются, транспортабельны и обладают способностью долго сохраняться без искусственного охлаждения.

При выборе рационального способа и режима сушки необходимо помнить, что сушка является не только сложнейшим нестационарным процессом тепло- и массообмена, но и технологическим процессом. Высушенный продукт должен иметь высокие качественные показатели. Рациональный режим сушки осуществляется при минимальных затратах тепла и энергии и состоит в максимальном сохранении химико-технологических показателей продукта. Осуществлению такого режима способствует знание особенностей материала, подвергаемого сушке, связи влаги с материалом, теории сушки.

В настоящее время внимание отечественных и зарубежных исследователей направлено на получение устойчивых в хранении продуктов путем удаления не лишнего, а минимального количества влаги, достаточного для предотвращения микробной порчи. В таких продуктах сохраняется исходное количе-

ство связанной воды, и структурные изменения, отрицательно сказывающиеся на их консистенции, сводятся к минимуму. Добавление увлажнителей повышает влажность этих продуктов до относительно высокой степени, делая их полностью готовыми для непосредственного употребления. Представляет интерес создание молочно-белковых концентратов различных видов с промежуточной влажностью.

Актуальность производства сухих молочно-белковых концентратов подтверждается его востребованностью в ряде сегментов потребительского рынка пищевых продуктов. Весьма остро ощущается нехватка молока и молочных продуктов в Закавказье, на Крайнем Севере и Дальнем Востоке. Высушенные продукты нужны для организации питания личного состава арами и флота, геологов, работников лесной, газовой, строительной, нефтеперерабатывающей промышленности и т.д., а также для улучшения структуры питания всех возрастных групп населения. Для туристов, путешественников это идеальный вариант, потому что сухие продукты долго хранятся, не требуя особых условий, занимают минимум места, быстро готовятся, к тому же очень питательны.

Цель работы – исследовать и подобрать параметры сублимационной сушки для молочно-белковых концентратов.

Методика и объекты исследования

К молочно-белковым концентратам можно отнести: кислотный гидролизат казеина, ферментативный гидролизат сывороточных белков и гидролизат казеина, полученный ступенчатым способом гидролиза (кислотно-ферментативным). Отбор проб и подготовку их к анализу проводили по ГОСТ 26809 «Молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу». Равновесную влажность гидролизатов определяли тензометрическим методом. Для получения изотерм сорбции исследования проводили в 10 эксикаторах с концентрациями серной кислоты, соответствующей относительной влажности воздуха от 10 до 100%. В каждый эксикатор ставили три-пять бюкс с навеской гидролизата. Гидролизат в бюксах взвешивали в первые 12 ч хранения через каждый час, затем массу фиксировали через сутки, пока вес навески не станет постоянным. Это свидетельствует о достижении состояния равновесия, которому соответствует определенная равновесная влажность гидролизатов.

Для получения зависимости изотерм сорбции от температуры эксикаторы ставят в термостаты с определенной температурой, которая поддерживается постоянной на протяжении всего опыта.

Результаты и их обсуждение

По мнению большинства исследователей, качество пищевых и биологических продуктов, высушенных методом сублимации, в значительной степени зависит от количества влаги, удаленной из замороженного состояния. В свою очередь, на количество вымороженной влаги влияют температура замораживания продукта, его состав и свойства, в частности начальная криоскопическая температура [8].

Необходимость обоснованного выбора температуры замораживания молочно-белковых концентратов для сублимационной сушки и отсутствие сведений по количеству вымороженной влаги в нем в зависимости от температуры замораживания и начальной криоскопической температуры определили направление исследований работы.

В исследованиях использовали три вида молочно-белковых концентратов: кислотный гидролизат казеина, ферментативный гидролизат сывороточных белков и гидролизат казеина, полученный ступенчатым способом гидролиза (кисотно-ферментативным). В результате проведенных ранее исследований выявлено, что по содержанию основных компонентов и физико-химическим свойствам, определяющим молочно-белковые гидролизаты, как объект для сублимационной сушки, они имеют близкие показатели [1].

Известно, что на криоскопическую температуру жидких молочных продуктов оказывает влияние уровень кислотности. Однако наибольшее влияние на уровень криоскопической температуры оказывает содержание сухих веществ, в связи с этим исследованы зависимости криоскопической температуры молочно-белковых гидролизатов от массовой доли сухих веществ (рис. 1). Массовую долю сухих веществ в молочно-белковых концентратах изменяли от 10 до 18% с интервалом 2%.

Результаты исследований показывают, что между криоскопической температурой и содержанием сухих веществ в молочно-белковых концентратах в пределах от 10 до 18% существует обратная логарифмическая зависимость, описываемая для каждого вида молочно-белковых концентратов своим характерным аппроксимирующим уравнением:

– для кислотного гидролизата казеина:

$$t_{кр} = 0,5727 \cdot \ln(x) - 2,2483; \quad (1)$$

– для ферментативного гидролизата сывороточных белков:

$$t_{кр} = 0,9624 \cdot \ln(x) - 3,4415; \quad (2)$$

– для кислотно-ферментативного гидролизата казеина:

$$t_{кр} = 1,0381 \cdot \ln(x) - 3,8539, \quad (3)$$

где X – массовая доля сухих веществ в гидролизате казеина, %.

Следует отметить достаточно высокую степень достоверности аппроксимации уравнениями (1-3) зависимостей, приведенных на рисунке 1, которая составляет: для кислотного гидролизата казеина – $R^2 = 0,8027$; ферментативного гидролизата сывороточных белков – $R^2 = 0,801$; кислотно-ферментативного гидролизата казеина – $R^2 = 0,8242$.

Из уравнений (1-3) и рисунка 1 следует, что при изменении массовой доли сухих веществ в молочно-белковых концентратах от 10 до 14% их криоскопическая температура изменяется на $0,3-0,6^\circ\text{C}$; при изменении массовой доли сухих веществ от 14 до 18% – на $0,6-1,3^\circ\text{C}$. Изменение криоскопической температуры молочно-белковых концентратов от содержания в них сухих веществ происходит вследствие изменения концентрации растворимых веществ, то есть перехода свободной влаги в связанную.

Количеством вымороженной воды ω называют количество льда при данной температуре замораживания, отнесенное к суммарному количеству воды и льда, содержащихся в продукте при той же температуре. Количество вымороженной влаги можно рассчитать по формуле, полученной на основании закона Рауля:

$$\omega = 1 - \frac{t_{кр}}{t}, \quad (4)$$

где $t_{кр}$ – начальная криоскопическая температура, $^\circ\text{C}$;

t – любая более низкая криоскопическая температура до окончания вымерзания воды, $^\circ\text{C}$.

На рисунке 2 представлены кривые, характеризующие процесс вымораживания влаги в молочно-белковых концентратах.

Из зависимостей, приведенных на рисунке 2, видно, что при одной и той же температуре замораживания в кислотном гидролизате вымораживается больше влаги, чем в кислотно-ферментативном гидролизате казеина и ферментативном гидролизате сывороточных белков.

При температуре $-50...-60^\circ\text{C}$, которая является эвтектической для большинства пищевых продуктов, в молочно-белковых концентратах вымораживается до 70-80% влаги. Это количество составляет влагу микро- и макрокапилляров. Следовательно, идеальными температурами молочно-белковых концентратов при проведении сублимационной сушки будут температуры от $-50...-60^\circ\text{C}$. Совершенно очевидно, что экономическая эффективность сушки молочно-белковых концентратов в таких условиях будет крайне низкой.

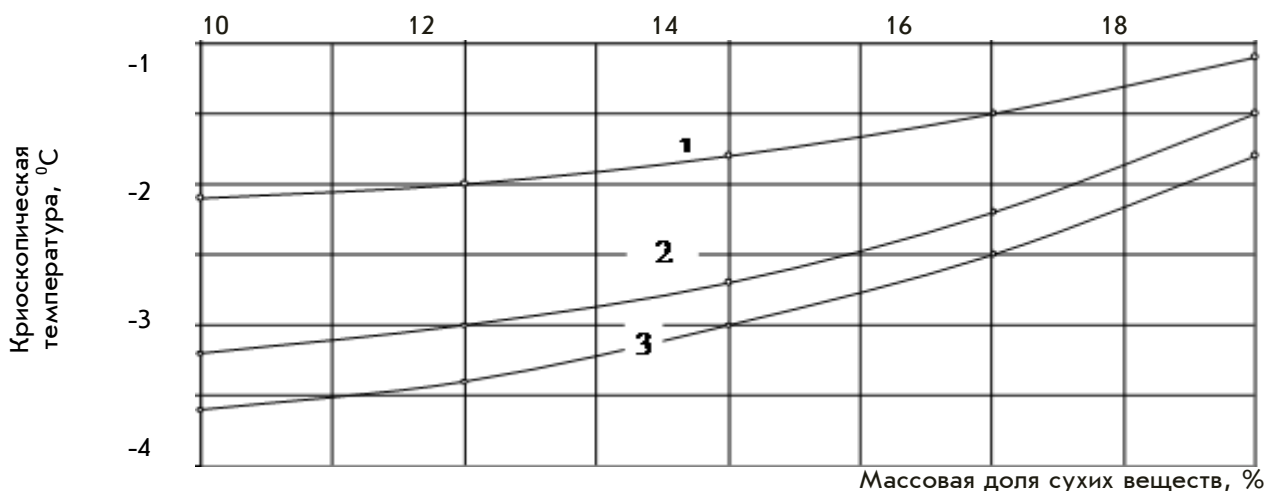


Рис. 1. Зависимости криоскопической температуры молочно-белковых концентратов от массовой доли сухих веществ:
 1 – кислотный гидролизат казеина; 2 – ферментативный гидролизат сывороточных белков;
 3 – кислотно-ферментативный гидролизат казеина

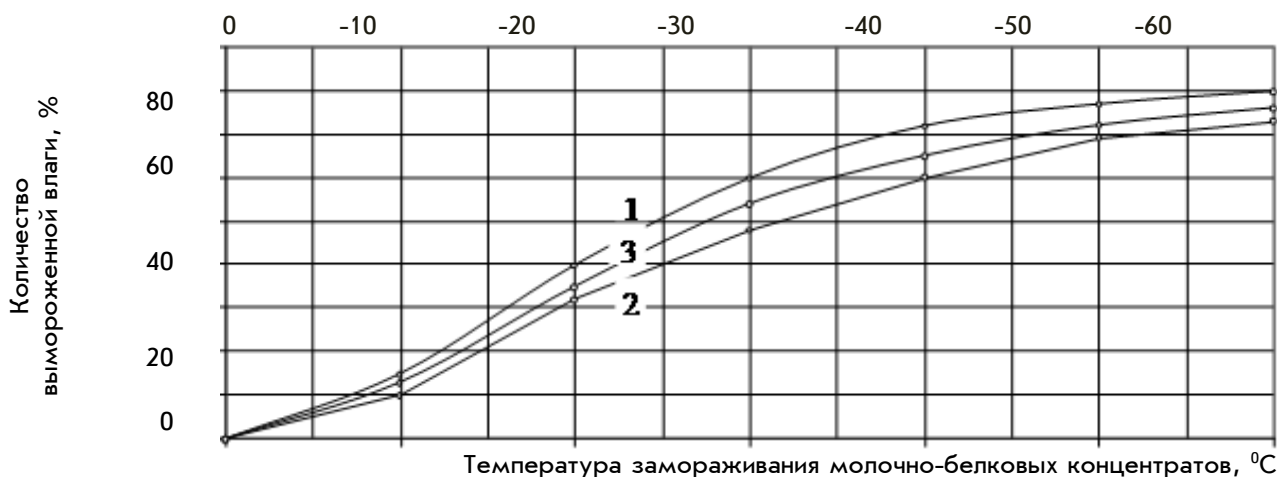


Рис. 2. Зависимости количества вымороженной влаги в молочно-белковых концентратах от температуры замораживания:
 1 – кислотный гидролизат казеина; 2 – ферментативный гидролизат сывороточных белков;
 3 – кислотно-ферментативный гидролизат казеина

Кривые, приведенные на рисунке 3, показывают, что 60-73% влаги в молочно-белковых концентратах вымораживается при температуре -40°C . Дальнейшее понижение температуры не приводит к заметному увеличению количества вымороженной влаги в гидролизатах.

Вывод

Учитывая результаты экспериментальных исследований и принимая во внимание режимы работы десублиматоров промышленных сублимационных установок, молочно-белковые гидролизаты следует замораживать до температуры -40°C , количество вымороженной влаги зависит от вида молочного гидролизата, в частности от его начальной криоскопической температуры. При одной и той же температуре замораживания количество

вымороженной влаги в молочно-белковых концентратах уменьшается с понижением их криоскопической температуры.

Библиографический список

1. Архипова Л.М. Разработка сублимационной сушки мягких сыров: дис. ... канд. техн. наук / 05.18.04. – Кемерово, 1999. – 135 с.
2. Соколов А.А., Гроностайская Н.А., Алексеева Н.Ю., Сергеева В.Ф. Технология производства и использование растворимых молочно-белковых концентратов: обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИ, 1976. – 46 с.
3. Атаназевич В.И. Сушка пищевых продуктов: справочник. – М.: Дели, 2000. – 296 с.

4. Ермолаев В.А., Курбанова М.Г. Исследование гигроскопических свойств и активности воды молочно-белковых концентратов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – Вып. № 8. – С. 223-227.

5. Сублимационная сушка пищевых продуктов животного происхождения за рубежом: обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭ мясомолпром, 1972. – 56 с.

6. Радаева И.А., Петров А.Н. Вклад ученых в развитие молочноконсервной науки и промышленности // Молочная промышленность. – 2004. – № 12. – С. 26-28.

7. Курбанова М.Г., Ермолаев В.А. Гигроскопические свойства продуктов с промежуточной влажностью // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 12. – С. 63-66.

8. Курбанова М.Г. Исследование и разработка полифункциональных добавок на основе гидролизатов казеина и практическая реализация технологий пищевых продуктов с их использованием: дис. ... докт. техн. наук / 05.18.04. – Кемерово, 2012. – 396 с.

References

1. Arkhipova L.M. Razrabotka sublimatsionnoi sushki myagkikh syrov: diss. ... kand. tekhn. nauk 05.18.04. – Kemerovo, 1999. – 135 s.

2. Sokolov A.A., Gronostaiskaya N.A., Alekseeva N.Yu., Sergeeva V.F. Tekhnologiya pro-

izvodstva i ispol'zovanie rastvorimyykh molochno belkovyykh kontsentratoov: obzornaya informatsiya. – M.: TsNIITEI, 1976. – 46 s.

3. Atanazevich V.I. Sushka pishchevykh produktov: spravochnik. – M.: Deli, 2000. – 296 s.

4. Ermolaev V.A., Kurbanova M.G. Issledovanie gigroskopicheskikh svoistv i aktivnosti vody molochno-belkovyykh kontsentratoov // Vestnik KrasGAU. – 2011. – № 8. – С. 223-227.

5. Sublimatsionnaya sushka pishchevykh produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya za rubezhom: obzornaya informatsiya. – M.: TsNIITE myasomolprom, 1972. – 56 s.

6. Radaeva I.A., Petrov A.N. Vklad uchenykh v razvitie molochnokonservnoy nauki i promyshlennosti // Molochnaya promyshlennost'. – 2004. – № 12. – С. 26-28.

7. Ermolaev V.A., Kurbanova M.G. Gigroskopicheskie svoistva produktov s promezhutochnoi vlazhnost'yu // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 12. – С. 63-66.

8. Kurbanova M.G. Issledovanie i razrabotka polifunktsional'nykh dobavok na osnove gidrolizatoov kazeina i prakticheskaya realizatsiya tekhnologii pishchevykh produktov s ikh ispol'zovaniem: diss. ... dokt. tekhn. nauk 05.18.04. – Kemerovo, 2012. – 396 s.

