

*М.В. Обозня, Ф.В. Перцевой, Л.З. Шильман*

Сумской национальной аграрный университет, г. Сумы, Украина

*Г.Д. Любенко*

Харьковский государственный университет питания и торговли,  
г. Харьков, Украина

## **НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ТЕРМОСТОЙКОЙ МОЛОКОСОДЕРЖАЩЕЙ НАЧИНКИ ЗАМОРОЖЕННОЙ**

На сегодняшний день ведущие кондитерские предприятия производят не только широкий ассортимент готовых изделий, но и также характеризуются производством полуфабрикатов, в частности начинок, которые имеют высокий спрос, поскольку способны удовлетворить различные требования потребителей. В зависимости от компонентов, входящих в рецептурный состав начинок, они способны обладать разнообразными вкусовыми оттенками, текстурными свойствами, пищевой и биологической ценностью. Тем самым начинки представляют широкий ассортиментный ряд, который представлен: фруктовыми, ягодными, фруктово-ягодными, шоколадными, ореховыми, молочными и другими начинками.

This document was created by  
**SOLID CONVEYER**  
Purchase the product at  
[www.SolidDocuments.com](http://www.SolidDocuments.com)

Значительным потребительским спросом пользуются молочные начинки. И что немаловажно, их привлекательный вид обусловлен, прежде всего, физико-химическими свойствами. В основном эти свойства зависят от соотношения свободной и связанной влаги, что, в свою очередь, также влияет на текстурные и реологические свойства. Поэтому, с целью придания стабильности ряду качественных показателей, в начинке используют гидроколлоиды, свойства которых проявляются в способности связывать влагу, что позволяет получить продукт с необходимыми органолептическими, физико-химическими и структурно-механическими характеристиками.

Большое внимание в последнее время привлекает технология термостойких начинок. Их особенность заключается в способности сохранять органолептические, физико-химические и, текстурные свойства на постоянном уровне при действии высокой температуры в интервале 200...230 °С в течение (10...15)×60 с [5, 6, 7].

Учитывая широкий спектр и природу происхождения гидроколлоидов, предоставляется возможность предсказать их поведение и создать условия для более полного проявления функционально-технологических свойств [5]. Наиболее интересными по разновидностям, технологическим возможностям, химическому составу и распространенности в современных технологиях являются пектин и крахмал [2, 3].

Пектин по химическому строению представляет собой макромолекулярные соединения, в основе которых лежит цепь из 1–4 гликозидных связей и остатки D-галактуроновой кислоты. Известно, что пектины в зависимости от степени этерификации делятся на две большие группы: высоко- и низкоэтерифицированные. Высокоэтерифицированные пектины образуют гель при наличии кислоты ( $\text{pH} = 3,1 \dots 3,5$ ) и при содержании сухих веществ (сахарозы) не менее 65 %, а низкоэтерифицированные – при наличии ионов поливалентных металлов, например кальция, независимо от содержания сахарозы и кислоты [5]. Крахмал – это природный полимер, который содержится в растениях в виде отдельных зерен. Он состоит из амилозы (10–20 %) и амилопектина (80–90 %), мономером которых является  $\alpha$ -глюкоза [4]. Хотя крахмал и пектин имеют разное химическое строение, но способны образовывать коллоидные растворы в горячей воде при небольшой их концентрации (0,5...3,0 %), которые при охлаждении превращаются в вязкие растворы или гели.

Таким образом, пектин склонен к образованию геля, а крахмал – клейстера; они характеризуются широким спектром функционально-технологических свойств. Пектин и крахмал достаточно распространены в кулинарных и кондитерских изделиях. Но производители на достигнутом не останавливаются и стремятся расширить ассортимент продукции, которая бы имела следующие характеристики: низкую себестоимость, высокую конкурентоспособность, простой технологический процесс производства, высокую пищевую и биологическую ценность. Указанные современные требования продиктованы потребностью в усовершенствовании и разра-

ботке новых технологий. Обращая внимание на требования производителей, разработка таких продуктов требует использования сырья низкой себестоимости, простой в применении, но богатой витаминами, минералами, белками и другими питательными веществами.

Выше приведенные требования достигаются благодаря комбинированию молочного и растительного сырья в разработанных технологиях термостойкой молокосодержащей начинки (ТМН) и ТМН с добавлением концентрата семян кунжута.

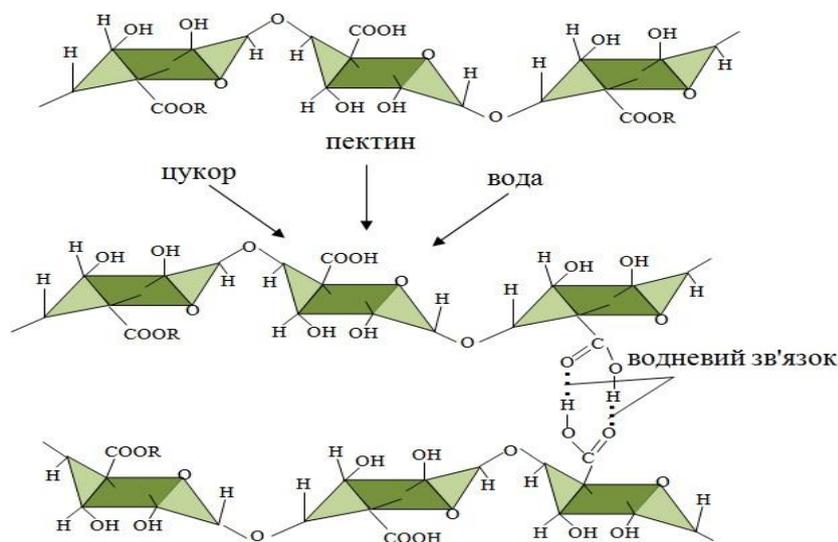
Сейчас довольно широко актуальность приобрело применение сухого обезжиренного молока. Благодаря длительному сроку хранения сухого обезжиренного молока – около 12 месяцев – появляется возможность нивелировать сезонность, что очень актуально в молочной промышленности особенно в последнее время из-за сокращения поголовья молочного стада и уменьшения количества малых предприятий. При этом на первый план выходит необходимость коррекции химического состава молокосодержащей продукции за счет доступной сырьевой базы.

Актуальной растительной сырьевой базой, как альтернативой, являются побочные продукты переработки масличных культур, в частности белковые концентраты. Это сырье характеризуется высоким содержанием растительного белка, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, витаминов, минералов и других питательных веществ.

Таким образом, с целью учета современных требований к рациону питания, а именно предоставление в разработанном образце ТМН большей биологической ценности, проведена частичная замена рациональной концентрации сухого обезжиренного молока (СОМ) на концентрат семян кунжута (КСК). В рецептурном составе разработанных ТМН и ТМН с добавлением концентрата семян кунжута гидроколоиды используются с целью придания продукции гелеобразной консистенции и термостойких свойств.

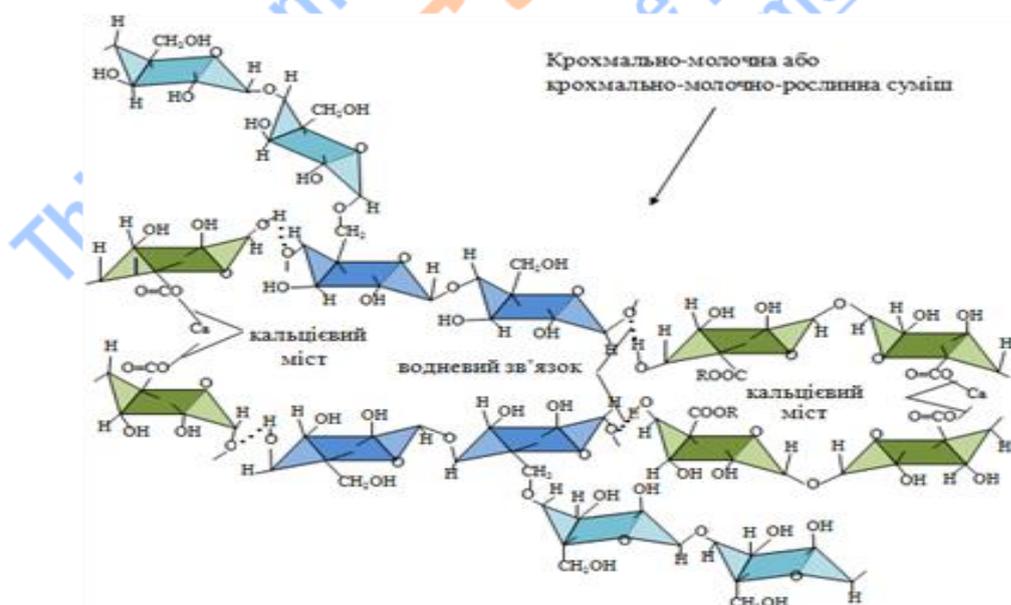
Еще одной особенностью производства ТМН является комбинирование сухого обезжиренного молока и гидроколлоидов – пектина цитрусового низкоэтерифицированного и крахмала кукурузного модифицированного. Для проявления функционально-технологических свойств пектина цитрусового низкоэтерифицированного дополнительно необходимо применять цитрат кальция, который вместе с молочным сырьем выступает источником ионов  $Ca^{2+}$ , что способствует возникновению кальциевых мостиков между молекулами пектина. Таким образом, образующиеся межмолекулярные связи характеризуют пространственную сетку образцов начинок, которая удерживает все рецептурные компоненты, в том числе влагу в связанном состоянии во время действия высокой температуры.

С целью понимания образования структуры ТМН и ТМН с добавлением концентрата семян кунжута рассмотрим механизм кальций-полисахаридного взаимодействия, состоящий из трех последовательных этапов (рис. 2–4).



**Рис. 1. Пектино-сахарная система**

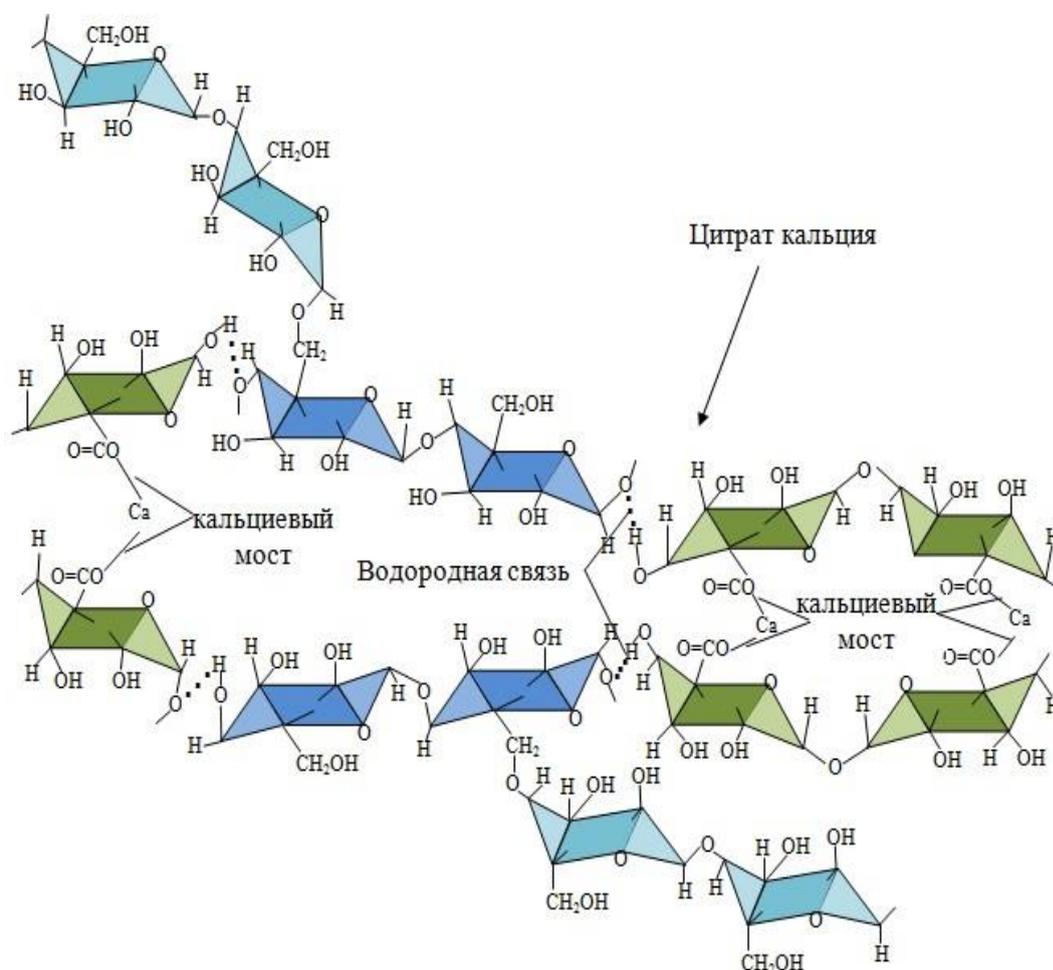
Первый этап (рис. 1) характеризуется образованием пектино-сахарной системы. Как известно, пектин имеет линейную структуру, в которой остатки D-галактоуроновой кислоты имеют пиранозную конфигурацию и связаны С-4 связями. Пектин перед использованием проходит стадию набухания, которая представляет собой смешивание сахара с пектином в количестве 3:1 и внесения растворителя – воды. При этом происходит сближение молекул пектина и возникновение между карбоксильными и гидроксильными группами водородных связей [6; 9; 11].



**Рис. 2. Пектино-кальцийсодержащая система**

На втором этапе – «Пектино-кальцийсодержащая система» (рис. 2) – вносится молочно-крахмальная или крахмально-молочно-растительная смесь в заранее подготовленный пектин, где происходит ориентация и

сближение пектиновых молекул, вследствие чего их карбоновые группы частично соединяются ионами кальция, то есть происходит частичное образование кальциевых мостиков [9, 10]. В свою очередь молекулы крахмала, которые характеризуются сетчатой структурой (амилопектин – сетчатый полимер, амилоза – разветвленная структура), пронизывают систему. Они соединяются с молекулами пектина водородными связями.

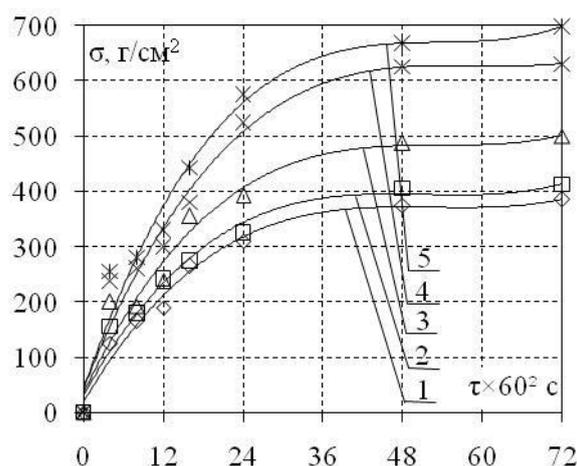


**Рис. 3. Система термостойкой молочносодержащей начинки**

Третий этап – «Система ТМН» (рис. 3) – характеризуется образованием трехмерной пространственной сетки вследствие дополнительного внесения ионов кальция, которые соединяют молекулы пектина через карбоксильные группы с образованием трехмерной пространственной сетки, что связывает все компоненты системы [11, 12].

Из результатов рассмотренного механизма кальций-полисахаридного взаимодействия возникает потребность в исследовании влияния содержания сухого обезжиренного молока и его частичной замены на концентрат семян кунжута на изменение показателей прочности, термостойкости, содержания и состояния влаги в смеси геля при концентрации пектина цитрусового низкоэтерифицированного 0,8 % и крахмала кукурузного модифицированного 3,0 % при условии добавления к этой композиции 0,4 %

цитрата кальция. Если в геле увеличить концентрацию пектина до 1,1 % и уменьшить концентрацию крахмала до 1,0 %, а цитрата кальция – до 0,6 %, то система приобретает несколько плотную консистенцию; при условии уменьшения пектина до 0,5 % и увеличение крахмала до 3,0 %, а цитрата кальция – до 0,6 % – система характеризуется слишком мягкой консистенцией. Поэтому ранее представленные концентрации гидроколлоидов и цитрата кальция удовлетворяют наши требования к системе, которая характеризуется мягкой, но прочной, а также однородной структурой.

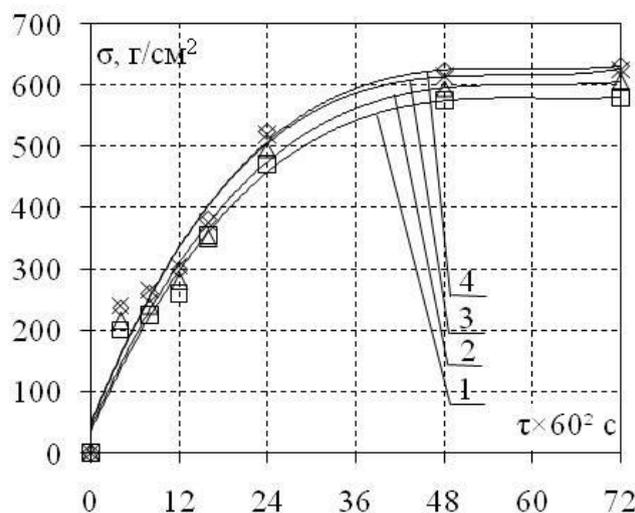


**Рис. 4. Зависимость прочности от продолжительности структурообразования гелей системы ТМН из смеси гидроколлоидов пектина цитрусового низкоэтерифицированного с концентрацией 0,8 % и крахмала кукурузного модифицированного с концентрацией 3,0 % от концентрации сухого обезжиренного молока: 1 – 1,5 %; 2 – 5,5 %; 3 – 9,5 %; 4 – 13,5 %; 5 – 17,5 %**

Из данных изменения прочности наблюдается рост значений опытных образцов геля с повышением в них содержания сухого обезжиренного молока в диапазоне 1,5...17,5 %. Установлено, что время структурообразования систем лежит в промежутке времени  $(48...72) \times 60^2$  с. Именно в этом промежутке времени показатели прочности гелей систем стабилизируются, а к  $48 \times 60^2$  с показатели возрастают, что свидетельствует о формировании между рецептурными ингредиентами связей различной природы. Таким образом, образованная пространственная сетка способствует возникновению характерной структуры системы ТМН. Вероятно, это указывает на способность ионов кальция молочного сырья влиять на образование кальциевых мостиков между молекулами пектина [11, 12].

Из приведенного установлена рациональная концентрация сухого обезжиренного молока 13,5 %, поскольку при более высокой его концентрации гель приобретает довольно плотную структуру, ухудшается органолептика и появляется незначительная крупинчатость. Это связано с чрезмерной концентрацией в системе ионов  $Ca^{2+}$ , что сопровождается выпадением пектината кальция в осадок. При этом опытный образец теряет свою текучесть

при высоких температурах, что является технологически неудобным при условии разлива в формы. Из полученных данных исследований прочности системы ТМН с частичной заменой сухого обезжиренного молока на концентрат семян кунжута прослеживается подобная тенденция изменения значений (рис. 5), что и на рисунке 4.

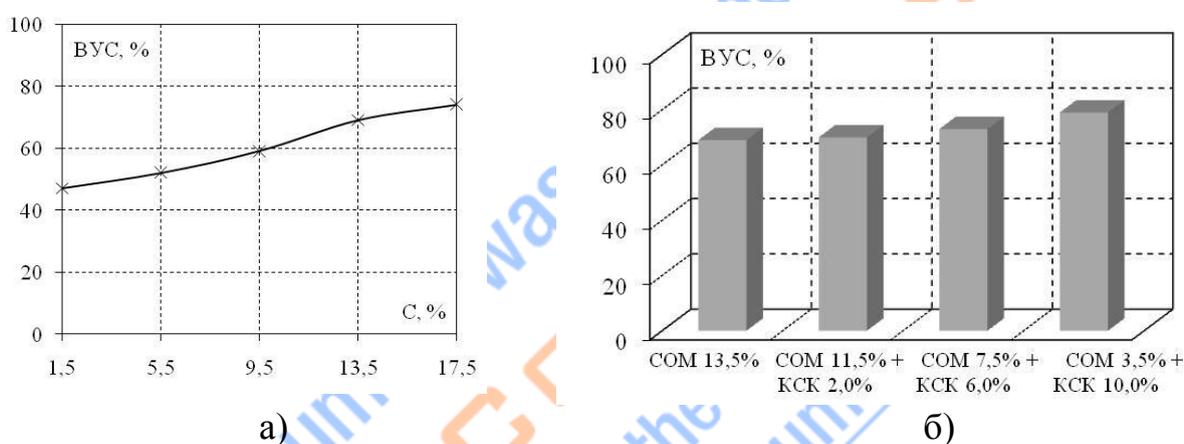


**Рис. 5. Зависимость прочности от продолжительности структурообразования гелей системы ТМН из смеси гидроколлоидов пектина цитрусового низкоэтерифицированного с концентрацией 0,8 % и крахмала кукурузного модифицированного с концентрацией 3,0 % при концентрации 1 – сухого обезжиренного молока 13,5 % и соотношении «СОМ:КСК» 2 – 11,5 %:2,0 %; 3 – 7,5 %:6,0 %; 4 – 3,5 %:10,0 %**

Из анализа данных рисунка 5 наблюдается рост значений прочности системы ТМН с повышением содержания концентрата семян кунжута. Эта зависимость, вероятно, возникает из-за поступления с ним кальция и его полисахаридной природы [1, 8, 12]. Как известно, вещества полисахаридной природы обладают достаточно высокой водоудерживающей способностью. Таким образом, объясняется повышение прочности образцов гелей. При этом, значение водоудерживающей способности изменяются с определенной тенденцией, приведенной на рисунке 6.

Анализ данных свидетельствуют о росте показателя водоудерживающей способности (ВУС) гелей композиции гидроколлоидов (пектина цитрусового низкоэтерифицированного концентрацией 0,8 % и крахмала кукурузного модифицированного концентрацией 3,0 %) с повышением в них содержания кальцийсодержащего сырья, то есть молока сухого обезжиренного. Установлено, что с ростом содержания сухого обезжиренного молока от 1,5 % до 17,5 % в образце геля из смеси гидроколлоидов показатель ВУС изменяется соответственно с 47 % до 74 %. Обнаружено, что образец при высокой концентрации сухого обезжиренного молока приобретает слишком прочную и плотную структуру. Поэтому, рациональной концентрацией сухого обезжиренного молока в образце является 13,5 %. Вы-

явлено повышение показателя ВУС в случае частичной замены в образце с рациональной концентрацией сухого обезжиренного молока (13,5 %) на концентрат семян кунжута. Это свидетельствует о том, что в образцах гелей из смеси гидроколлоидов с повышением содержания сухого обезжиренного молока, концентрата семян кунжута и в присутствии цитрата кальция увеличивается концентрация ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , благодаря чему возникают кальциевые мостики, соединяющие молекулы пектина. Выявлено, что именно влага оказывает весомое влияние на технологические и физико-химические свойства. Благодаря образованной пространственной сетке системы ТМН характеризуются гелеподобной структурой. Таким образом, опытная система в дальнейшем поспособствует разработке термостойкой начинки, которая при воздействии высокой температуры более  $200 \pm 2$  °С не потеряет своей формы, текстуры, а также будет иметь постоянные качественные свойства.



**Рис. 6. Зависимость влагоудерживающей способности гелей смеси гидроколлоидов пектина цитрусового низкоэтерифицированного концентрацией 0,8 % и крахмала кукурузного модифицированного концентрацией 3,0 % от содержания сухого обезжиренного молока (а) и опытной системы ТМН с добавлением концентрата семян кунжута (б)**

**Выводы:**

1. Из результатов кальций-полисахаридного взаимодействия установлено, что благодаря дополнительному внесению цитрата кальция, молоко-содержащие начинки приобретают необходимую прочную структуру.

2. По результатам изучения изменения показателей прочности опытных образцов ТМН в разрезе продолжительности структурообразования и влагоудерживающей способности с учетом рецептурного состава выяснено рациональное содержание СОМа – 13,5 %.

3. Установлено, что соотношение в опытной системе ТМН «СОМ:КСК» 7,5 %:6,0 % определяет необходимые органолептические, физико-химические и структурно-механические свойства термостойкой начинки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Альван Амин*. Биохимическая характеристика запасных белков кунжута, используемых для обогащения пищевых продуктов: дис. ... канд. техн. наук / Альван Амин. Краснодар, 2002. – 130 с.
2. *Бредихина Н.А.* Пектины – уникальные природные целители / Н.А. Бредихина // Пища, вкус, аромат. – 2001. – № 2. – С. 32.
3. *Долинян В.С.* Начинки: свойства и применение / В.С. Долинян, З.Г. Скобельская // Кондитерское производство. – 2005. – № 2 – С. 16–18.
4. *Жушман А.И.* Применение нативных и модифицированных крахмалов в кондитерской промышленности / А.И. Жушман // Кондитерское и хлебопекарское производство. – 2004. – № 11. – С. 8–9.
5. *Козлов С.Г.* Физико-химические основы получения гелеобразных продуктов / С.Г. Козлов // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. – 2004. – № 2. – С. 88–91.
6. *Сухих Т.Н., Зыбин М.Н.* Низкоэтерифицированные пектины в начинках для кондитерских изделий / Т.Н. Сухих, М.Н. Зыбин // Кондитерское производство. – 2005. – №5. – С. 36–38.
7. *Колеснов А.Ю.* Термостабильные начинки: производство, качественные свойства и их оценка / А.Ю. Колеснов // Кондитерское производство. – 2001. – №1. – С. 32–37.
8. *Щербаков В.Г., Лобанов В.Г.* Биохимия и товароведение маслянистого сырья / В.Г. Щербаков, В.Г. Любанов // Кубанский государственный технологический университет. – М.: КолосС, 2012. – 392 с.
9. *Pangler K.* Texturing of gum and gel articles using classic apple pectin / K. Pangler // Food Market and Technol. – 1993. – № 4. – P. 22–28.
10. *Strom A., Lundin L., Morris E., Martin E., Williams A.* Relation between Rheological Properties of Pectin Gels and Pectin Fine Structure / A. Strom, L. Lundin, E. Morris, E. Martin, A. Williams // Annual transactions of the nordic rheology society. – 2012. – № 20 – P. 159–166.
11. *Slavov A., Bonnin E., Garnier C., Crepeau M-J., Durand S., Thibault J-F.* Enzymatic modification of pectin in ca-pectic gels / A. Slavov, E. Bonnin, C. Garnier, M-J. Crepeau, S. Durand, J-F. Thibault // Bulgaria scientific papers. – 2008. vol. 36. – № 5. – P. 75–82.
12. *Thompson M.P., Tarassuk N.P., Jennes R.* Nomenclature of proteins of cow's milk. 2 revision / M. P. Thompson, N. P. Tarassuk, R. Jennes // J. Dairy Sci., Vol. 48. – 1965. – P. 159.
13. *Rose D., Brunner J.R., Kalan E.B.* Nomenclature of the proteins of cow's milk. 3 revision / D. Rose, J. R. Brunner, E. B. Kalan // J. Dairy Sci., Vol. 53. – 1970. – P. 1.