

УДК 641.51:637.48:66.022.36:547.458

DOI: 10.18413/2408-9346-2016-2-3-44-49

Пивоваров П.П.¹
Кондратюк Н.В.²
Степанова Т.М.³

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ
НИЗКОКАЛОРИЙНЫХ ЖЕЛЕ НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДОВ**

- 1) профессор, доктор технических наук, Харьковский государственный университет питания и торговли ул. Клочковская, 333, г. Харьков, 61051, Украина. *E-mail: pcub@ukr.net*
2) доцент, кандидат технических наук, Днепропетровский национальный университет имени Олеса Гончара, пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, 49050, Украина. *E-mail: kondratjuk_nata@mail.ru*
3) старший преподаватель, Сумской национальный аграрный университет, ул. Г. Кондратьева, 160, г. Сумы, 40021, Украина. *E-mail: stepan_01@i.ua; e-mail: eshkina97@mail.ru*

Аннотация. Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме недостаточного потребления населением пищевых волокон. Установлено, что системы: «агар – пектин высокоэтерифицированный» (1:1) и «пектин низкоэтерифицированный – порошок яичной скорлупы» (1:10) соответственно, имеют гораздо более высокие показатели органолептической оценки и сниженную калорийность, чем гели на основе желатина (3%). Отмечено, что структурно-механические характеристики систем на основе рассмотренных полисахаридов, аналогичны желатиновым гелям. Определен диапазон pH (3,2...3,3), в котором рассматриваемые композиции имеют стабильные реологические характеристики в ходе хранения (12...24 часа). Согласно полученным результатам была разработана технология низкокалорийных желе плодово-ягодных на основе полисахаридов и предложен способ повышения их пищевой ценности за счет использования жидких концентрированных плодово-ягодных соков.

На основании анализа органолептических и структурно-механических свойств желе установлено, что в случае использования полисахаридных смесей количество концентрата сока можно уменьшить на 30% без ухудшения органолептических свойств готового продукта, что позволяет судить об экономической эффективности разработки.

Ключевые слова: пищевые волокна; пектин; агар; кислотность; гелеобразование; низкокалорийные желе.

UDK 641.51:637.48:66.022.36:547.458

Pivovarov E. P.¹
Kondratjuk N.V.²
Stepanova T.M.³

**FEATURES OF LOW-CALORIE JELLY TECHNOLOGY
DEVELOPMENT BASED ON POLYSACCHARIDES**

- 1) Professor, Doctor of Technical Sciences, Kharkiv State University of Food Technology and Trade 333, St. Klochkivska, Kharkiv, 61051 Ukraine. *E-mail: pcub@ukr.net*
2) Associate Professor, PhD in Technical Sciences, Dnepropetrovsk National University named after Oles Honchar, 72, av. Gagarina, Dnepropetrovsk, 49050, Ukraine. *E-mail: kondratjuk_nata@mail.ru*
3) Senior Lecturer, Sumy National Agrarian University, 160, st.Gerasima Kondratiyeva, Sumy, 40021, Ukraine. *E-mail: stepan_01@i.ua*

Abstract. The article is devoted to an important problem – the lack of consumption of dietary fiber. It was found that the systems «agar – high esterified pectin» (1:1) and «low esterified pectin – egg shell powder» (1:10) respectively have a much higher sensory evaluation indicators and reduced calorific value than gelatin-based gels (3%). It was observed that the structural and mechanical characteristics of the polysaccharides systems are similar to gelatin gels. The authors determined the range of pH (3,2...3,3) in which the compositions possess stable rheological characteristics during storage (12 ... 24 hours).

Based on these results, there was developed a technology of low-calorie fruit polysaccharide-based jellies and proposed a method to increase their nutritional value through the use of liquid concentrated fruit juices.

Based on analysis of the sensory and structural and mechanical properties of the jelly, it was found that the use of polysaccharide mixtures of juice concentrate can be reduced by 30% without degradation of the sensory properties of the finished product, which demonstrates the economic efficiency of the development.

Keywords: food fiber; pectin; agar; acidity; gelation; low-calorie jelly.

Введение. На сегодняшний день достаточно актуальной является проблема питания человека. Обогащение пищевых рационов компонентами, повышающими пищевую и биологическую ценность употребляемых блюд и кулинарных изделий, выводит на передний план разработки технологий продуктов оздоровительного питания. В первую очередь, речь идёт о дополнительном внесении витаминов и минеральных веществ, белковых изолятов и др. Однако не следует забывать и о таких полезных природных составляющих, как пищевые волокна, органические кислоты и ряд других веществ, улучшающих пищеварение, процессы метаболизма и усвоения, а также иммунный статус человека. Следует отметить, что из представленного перечня, наибольшую нехватку население испытывает в пищевых волокнах, суточная норма потребления которых составляет 25-30 г [1]. Однако фактическое потребление данного компонента питания на сегодняшний день в среднем составляет 10-13 г [2]. Учитывая значительный дефицит пищевых волокон в рационе человека, достаточно актуальным является вопрос о расширении ассортимента продуктов, обогащенных полисахаридами, как основными представителями класса пищевых волокон.

Одним из наиболее важных в плане регуляции работы желудочно-кишечного тракта считается пектин, основное действие которого в организме направлено на выведение тяжёлых металлов и радионуклидов. Также пектины служат хорошим субстратом для полезной микрофлоры кишечника, продуктами метаболизма которых являются иммуноглобулины, витамины, антибиотики, и, особенно, органические кислоты, поддерживающие низкий уровень рН в среде кишечника, что угнетающе действует на ряд патогенных и условно патогенных микроорганизмов [3].

На сегодняшний день польза пектина имеет клинические подтверждения. Так, согласно информации Института микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного НАН Украины, установлена способность пектиновых веществ связывать ионы Zn^{2+} , Co^{2+} , Pb^{2+} ($pH \ll 7$), Nb^{3+} , Ce^{3+} , Al^{3+} ($pH < 7$) в прочные комплексы и

выводить их из организма человека, тем самым проявляя детоксицирующие свойства [4].

Широкий спектр свойств пектина позволяет использовать его в качестве структурообразователя, загустителя и стабилизатора пищевых систем [5].

В наибольшей степени все вышеперечисленные свойства пектин реализует в составе жележных, пастильно-сбивных кондитерских изделий, а также сладких железированных блюд, которые обладают большим спросом у населения. Следует отметить, что жележные продукты, изготовленные по классическим технологиям, предусматривают использование желатина и достаточно большое количество сахара, улучшающего не столько вкус изделий, сколько их основные реологические и физико-химические характеристики – прочность, упругость и влагоудерживающую способность. Поэтому данная группа продуктов считается достаточно калорийной, что, к большому сожалению, исключает ее из перечня пищевых композиций для диетического питания.

Одним из путей решения данной проблемы стала разработка технологии сладких железированных блюд с заменой желатина на смесь гелеобразователей полисахаридной природы. В частности, была предложена технология «Желе низкокалорийного» на основе смеси пектина и агара. Данная замена желатина способствовала снижению калорийности и повышению пищевой ценности готовых изделий. При этом экономическая составляющая процесса оставалась неизменной. Кроме того, в ходе отработки промышленной технологии было отмечено, что за счет нейтральных органолептических показателей гелей на основе полисахаридной смеси и их высокой влагоудерживающей способности, количество сахара можно снизить от 10 до 15% [6].

В работах [7, 8] были описаны свойства систем, полученных в ходе реакции ионотропного гелеобразования при участии низкоэтерифицированного (НЭ) пектина и ионов кальция, полученных в ходе растворения порошка яичной скорлупы (ПЯС) в растворе лимонной кислоты до полного выделения CO_2 . Результаты исследования показали технологическую

возможность и экономическую целесообразность осуществления вышеописанной замены и были положены в основу новой разработки.

Немаловажным стало изучение условий гелеобразования и факторов, влияющих на прочность полученных гелей на основе полисахаридов.

Цель работы – изучение влияния показателей кислотности на структурно-механические свойства систем: «ВЭ пектин – агар», «НЭ пектин – ПЯС», а также разработка технологии желе со сниженной калорийностью и повышенной пищевой ценностью на основе представленных полисахаридных систем.

Материалы и методы исследования. ВЭ цитрусовый пектин «CF 131 В» (производитель: «Danisco», Чешская Республика), НЭ цитрусово-яблочный пектин «NECJ-A1» (производитель: «PEKTOWIN», Польша), агар пищевой (производитель: «Industrias Roko, S.A.», Испания), желатин пищевой П-11 (производитель: ОДО Лисичанский желатиновый завод, Украина), порошок яичной скорлупы, соки концентрированные осветленные (производитель Agrana Juice, Украина).

Определение прочности полученных гелей осуществляли по стандартной методике на приборе Валента [9]. Показатели кислотности модельных гелей определяли потенциометрическим методом [10]. Органолептическое оценивание образцов

осуществляли балльным методом органолептической оценки.

Результаты исследования и их обсуждение. Были рассмотрены следующие модельные системы: «ВЭ пектин – агар» и «НЭ пектин – ПЯС». Предварительный этап исследования заключался в том, чтобы получить образцы гелей данных полисахаридных систем такой прочности, которая была бы максимально приближена к прочности геля на основе 3%-го раствора желатина, который широко используется для приготовления сладких блюд – желе. Также в образцах были оценены прозрачность, мягкость, упругость.

Достоверно известно [5], что гели на основе полисахаридов проявляют свои прочностные свойства в достаточно широком диапазоне рН. Однако ранее нами было отмечено, что при рН ниже 2,8 влагоудерживающая способность вышеописанных полисахаридов значительно ослабевает. Кроме того, следует учесть, что показатель кислотности пищевых систем на основе плодов, ягод, цитрусовых, не превышает значения 3,5. Поэтому, наиболее целесообразным стало изучение влияния кислотности в диапазоне рН 2,8...3,4 ($\pm 0,1$) на структурно-механические свойства полученных гелей (рис. 1).

Как видно из рис. 1, при снижении показателя рН утрачиваются прочностные характеристики, особенно это касается образцов на основе полисахаридов. При $\text{pH} \leq 2,8$ все образцы утрачивают прочность.

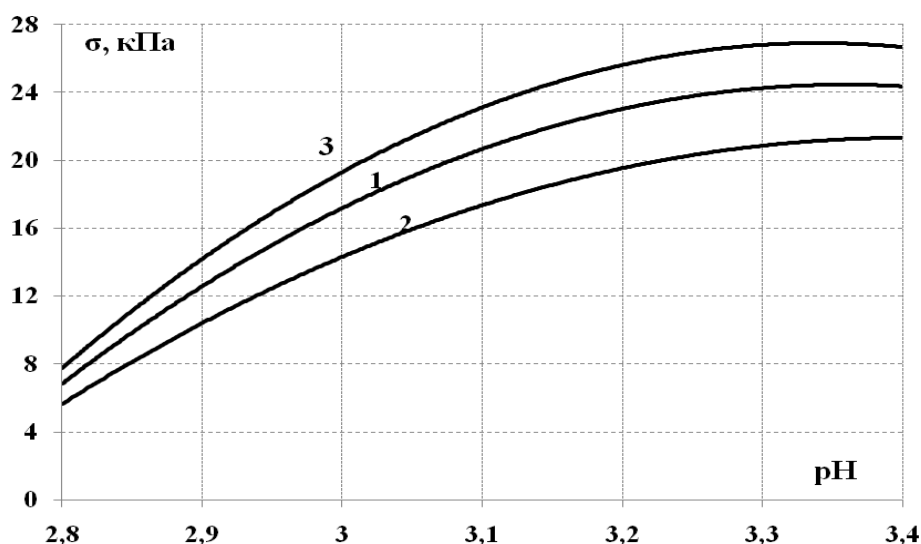


Рис. 1 – Зависимость прочности геля (σ) от величины рН в модельных системах: 1 – 3 %-й раствор желатина (контроль); 2 – «ВЭ пектин – агар»; 3 – «НЭ пектин – ПЯС»
 Fig. 1 – The dependence of the gel strength (σ) and the pH value in the model systems: 1 – 3 % solution of gelatin (control); 2 – «high esterified pectin – agar»; 3 – «low esterified pectin – egg shell powder»

На основании созданных модельных систем были разработаны рецептуры желе, пищевая ценность и органолептическая привлекательность которых была повышена за счет добавления жидких концентратов соков. На рис. 1 наглядно отражен диапазон показателей pH, при которых прочностные характеристики модельных систем на основе полисахаридов имеют незначительные отклонения от контроля и, кроме того, сохраняют органолептическую привлекательность, что немаловажно для разработки технологии десертной продукции. Следовательно, на потребительском рынке можно прогнозировать высокую конкурентоспособность готовой продукции с содержанием полисахаридных систем, поскольку, помимо высоких органолептических показателей и пищевой ценности, она имеет ещё и сниженную калорийность (Δ 15...25%) из-за того, что рассмотренные полисахариды не принимают участия в выработке энергии для организма.

В исследовательской части работы для создания витаминного модуля в модельные системы гелей были добавлены жидкие концентрированные осветленные соки – вишневый, лимонный, апельсиновый. Однако на начальном этапе испытаний было установлено, что рекомендации по количественному внесению рецептурных компонентов не достаточно адаптированы для полисахаридных систем. Это, в большей мере, связано с тем, что модельные полисахаридные гели не имеют привкуса и запаха, присущих системам на основе желатина. Кроме того, гели на основе полисахаридов бесцветные и более прозрачные, нежели контрольные образцы, что, в свою очередь, требует меньшего внесения окрашенных и ароматизированных составляющих в состав

рецептуры желе. Поэтому в рекомендации по использованию концентрированных жидких соков были внесены соответствующие корректировки, касающиеся использования в составе продукции на основе полисахаридов.

Согласно технологической инструкции, сок концентрированный жидкий перед использованием в составе продукции на основе желатина должен быть разведен водой, прошедшей водоподготовку, в соотношении 1:5...6 [11].

Из рис. 1 видно, что область допустимых значений pH, при которых устанавливаются стабильные и органолептически допустимые реологические характеристики и физико-химические показатели модельных систем, лежит в области значений от 3,0 до 3,4. Это следует учесть при разведении концентрированных жидких соков.

Руководствуясь вышеприведенной информацией, а также учитывая результаты первичной органолептической оценки модельных систем, было установлено, что в случае участия полисахаридов можно применить разведение 1:30...50.

На следующем этапе исследования была изучена прочность полисахаридных гелей на основе концентрированных соков, разведенных в следующих соотношениях: 1:30; 1:35; 1:40; 1:45; 1:50. Результаты показали, что образцы с разведениями 1:45 и 1:50, несмотря на хорошую прочность геля и допустимые значения кислотности (pH 3,4), имеют слабое окрашивание, вкус и запах, поэтому они были исключены из списка образцов, отобранных для дальнейших испытаний. Полученные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Характеристика модельных систем полисахаридных гелей на основе концентрированных соков

Table 1

Characteristics of model systems of polysaccharide gels based on concentrated juice

№ образца	Состав	Соотношение сок : вода	Прочность (σ), кПа	В У С	Органолептическая оценка*					Суммарный показатель
					Консистенция	Цвет	Запах	Вкус	Внешний вид	
			0,2	0,2	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	
1	ВЭ	1:30	4,9	5	4,9	4,8	4,9	4,8	4,7	4,87
2	пектин – агар	1:35	4,5	4,9	4,9	4,2	4,5	4,8	4,6	4,63
3		1:40	4,4	4,9	4,6	3,4	4,3	4,2	3,5	4,24
4	НЭ	1:30	4,9	5	4,8	4,9	4,8	4,9	4,9	4,90
5	пектин – ПЯС	1:35	4,8	5	4,9	4,4	4,3	4,9	4,1	4,69
6		1:40	4,6	4,8	4,8	3,6	3,9	4,4	3,7	4,32

* среднее значение показаний пяти дегустаторов.

Как видно из табл. 1, наивысшую оценку получили два образца:

1) «Высокоэтерифицированный пектин : агар» (1:1) при соотношении сок : вода – 1: 30;

2) «Низкоэтерифицированный пектин : порошок яичной скорлупы» (10:1) при соотношении сок : вода – 1: 30.

Согласно данным табл. 1, все образцы, проходившие испытания, получили высокие оценки участников дегустации и были рекомендованы к испытаниям в условиях производства. При этом, согласно нормативной документации существующих аналогов данного вида продукции – желе плодово-ягодных – срок хранения составляет 90...120 дней. Микробиологическая чистота в ходе срока хранения обеспечивается путем внесения консервантов: калия сорбата и/или натрия бензоата. Поэтому во все шесть образцов был внесен консервант калия сорбат в количестве 0,1 г/ 100 г. Следует отметить, что в ходе хранения в образцах, получивших наивысшую оценку на 6-7 неделе хранения было отмечено явление синерезиса. Образцы с разведением 1:35 и 1:40 имели лучшую способность к удержанию влаги и сохраняли структурно-механические свойства до конца 12 недели.

Заключение. Таким образом, по результатам органолептического оценивания образцов, наиболее привлекательными оказались модельные системы на основе соотношения сок : вода – 1 :30 при составе «ВЭ пектин : агар» (1:1), при общем содержании полисахаридов в системе 0,5%, и «НЭ пектин : ПЯШ» (10 : 1), при общем содержании – 1,1%. Именно такие образцы были рекомендованы для индустрии общественного питания, где срок хранения не должен превышать 12 часов.

Оставшиеся образцы, обладающие стабильностью структуры по истечении рекомендуемых сроков хранения (12 недель) при наличии консерванта калия сорбата в количестве 0,1 г/ 100 г были рекомендованы для промышленного производства.

Разработанные системы и описанные в статье условия их продолжительной стабильности стали основой технологии низкокалорийных желе плодово-ягодных на основе концентратов соков. За счет замены желатина на предложенные системы на основе полисахаридов, калорийность сокращается на 15...25%. Кроме того, такая замена позволит рекомендовать разработанную продукцию для детского питания.

В ходе лабораторных и промышленных испытаний желированной продукции на основе смесей полисахаридов было отмечено, что за счет улучшенных органолептических показателей модельных гелей (прозрачности и нейтральности вкуса и запаха), количество концентрированного сока можно значительно снизить (в 5-8 раз) по

сравнению с технологией желе на основе желатина.

В итоге следует сказать о том, что стратегия использования концентратов соков не только позволит избежать сезонности сырьевых компонентов и необходимости создания условий для их хранения, но и заметно позволит сократить технологический процесс изготовления продукции, имеющей хорошие органолептические показатели и высокую пищевую ценность [12].

Список литературы

1. Спиричев, В. Б., Шатнюк, Л. Н., Позняковский, В. М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология. Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2004. 548 с.
2. Банковская, Н. В. Значение пищевых волокон для профилактики неинфекционных заболеваний. URL: <http://www.niipitan.com.ua/files/1287407682.pdf> (Дата обращения: 10.08.2016).
3. Gibson, G. R., Rastall, R. A. *Prebiotics: Development & Application*. London: John Wiley & Sons, Ltd, 2006. P. 266.
4. Качалай, Д. П. Методические указания по использованию в лечебно-профилактических целях пектинов и пектиносодержащих продуктов : №5049-89; К.: НИИ микробиол и вирусол АН УССР.1990. 24 с
5. Visser, J., Voragen, A. G. *Pectins and pectinases*. New York: Elsevier, 1996. P. 1011.
6. Перспективы использования агаро-пектиновой смеси в технологии желе / П. П. Пивоваров, Е. П. Пивоваров, Н. В. Кондратюк, Т. М. Степанова // Новое в технике и технологии пищевых производств. 2013. С. 142-148.
7. *Modelling of low calorie pectin-based product composition* / N. Kondratjuk, T. Stepanova, P. Pyvovarov, Ye. Pyvovarov // Ukrainian Food Journal. 2015. Т. 4, № 1. С. 22-36.
8. Вплив сахарози на структурно-механічні властивості системи на основі «напівфабрикату драглетуючого для желейних виробів» / Н. В. Кондратюк, Т. М. Степанова, С. П. Пивоваров // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 3/10 (75). С. 49-54.
9. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа: ГОСТ 26185. [Введ. 01.01.85]. М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. – 36 с.
10. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности: ГОСТ 25555.0-82. [Введ. 27.12.82]. М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 4 с.
11. Соки плодовые и ягодные концентрированные. Технические условия: ГОСТ 18192-72. [Введ. 26.10.72]. М. : Издательство Стандартов, 1972. 12 с.

12. Bhandari, B. *Handbook of Food Powders. Processes and Properties*. New York: Woodhead Publishing Limited, 2013. P. 682.

References

1. Spirichev, V. B., Shatniuk, L. N., Pozniakovskiy, V. M. *Food Fortification with Vitamins and Minerals. Science and Technology*. Novosibirsk: Sib. Univ. Izdatelstvo, 2004. 548 p.

2. Bankovskaya, N. V. *The Importance of Dietary Fiber for Prevention of Noncommunicable Diseases*. URL: <http://www.niipitan.com.ua/files/1287407682.pdf> (Date of access: August 10, 2016).

3. Gibson, G. R., Rastall, R. A. *Prebiotics: Development & Application*. London: John Wiley & Sons, Ltd, 2006. P. 266.

4. Kachalai, D. P. *Guidelines for the Use of Pectins and Pectin Products in Medical Prophylaxis*. Kiev: The Institute of Microbiology and Virology, AN USSR, 1990. 24 p.

5. Visser, J., Voragen, A. G. *Pectins and pectinases*. New York: Elsevier, 1996. P. 1011.

6. Pivovarov, P., Pivovarov, Y., Kondratyuk, N., Stepanova, T. *Prospects of the Agar and Pectin Mixture Used in the Jelly Production Technology*. New technique and technology of food production. (2013): Pp. 142-148.

7. Kondratyuk, N., Stepanova, T., Pivovarov, P., Pivovarov, Y. *Modelling of Low Calorie Pectin-based Product Composition*. Ukrainian Food Journal. Vol. 4, (2015): Pp. 22-36.

8. Kondratyuk, N., Stepanova, T., Pivovarov, Y. *The Influence of Sucrose on Structural and Mechanical Properties of Systems Based on «Jelly Forming Semi-finished Products for Jelly Products»*. Eastern-European journal of enterprise technologies. Vol. 3, Iss. 10 (75) (2015): Pp. 49-54.

9. State Standard 26185-84. *Seaweeds, Sea Grass and Derived Products. Methods of analysis*] Moscow, Standartinform Publ., 2010. 36 p.

10. State Standard 25555.0-82. *Processed Fruit and Vegetables. Methods for Determination of Titratable Acidity*. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 4 p.

11. State Standard 18192-72. *Juices, Fruit and Berry Concentrates. Specifications*. Moscow, Izdatelstvo Standartov, 1972. 12 p.

12. Bhandari, B. *Handbook of Food Powders. Processes and Properties*. New York: Woodhead Publishing Limited, 2013. P. 682.