

ISSN 1392-0227

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO
MAISTO INSTITUTAS

FOOD INSTITUTE OF KAUNAS UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

ПИЩЕВОЙ ИНСТИТУТ КАУНАССКОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Maisto chemija ir technologija
Food chemistry and technology
Химия и технология пищи

Mokslo darbai
Proceedings
Научные труды

2013. T. 47, Nr. 1

Еіпа nuo 1964 m.
Published since 1964
Издается с 1964 г.

Kaunas • 2013

Maisto chemija ir technologija – Food Chemistry and Technology

Išėina 2 kartus per metus – 2 issues per year

Leidėjas – Publisher:

KTU Maisto institutas – KTU Food Institute
Taikos pr. 92, LT-51180 Kaunas, Lithuania
tel. (370 37) 312393
lmai@lmai.lt
www.lmai.lt

Redaktorių kolegija – Editorial board:

Vyriausioji redaktorė
Editor in Chief
habil. dr. **Joana Šalomskienė**
KTU MI
Food Institute of Kaunas University
of Technology, Lithuania
Tel. (370 37) 312380

Atsakingoji sekretorė
Executive Editor
Emilija Golovanova
KTU MI
Food Institute of Kaunas University
of Technology, Lithuania
Tel. (370 37) 312358

Dr. **Galina Garmienė**
KTU MI
Food Institute of Kaunas University
of Technology, Lithuania

Dr. **Dainora Gruzdienė**
KTU
Kaunas University of Technology,
Lithuania

Prof. dr. **Vladimir Jukalo**
Ternopolio valstybinis technikos
universitetas, Ukraina
Ternopil State Technical University,
Ukraine

Prof. habil.dr. **Česlovas Jukna**
LVA
Lithuanian Veterinary Academy,
Lithuania

Prof. habil. dr.
Gražina Juodeikienė
KTU
Kaunas University of Technology,
Lithuania

Prof. dr. **Daiva Leskauskaitė**
KTU
Kaunas University of Technology,
Lithuania

Prof. habil. dr. **Albinas Lugauskas**
ChI
Institute of Chemistry, Lithuania

Prof. **Andrej Malkov**
Loughborough universitetas, UK
Loughborough university,
United Kingdom

Dr. **Dalė Malkova**
Glazgo universitetas, UK
Glasgow University,
United Kingdom

Prof. habil. dr. **Audrius Maruška**
VDU
Vytautas Magnus University,
Lithuania

Prof. dr. **Jozef Nagy**
Veterinarijos medicinos
universitetas, Slovakija
University of Veterinary Medicine,
Slovakia

Habil. dr. **Rimgaudas Ramanauskas**
KTU MI
Food Institute of Kaunas
University of Technology,
Lithuania

Dr. **Antanas Šarkinas**
KTU MI
Food Institute of Kaunas
University of Technology,
Lithuania

Prof. habil. dr. **Sigita Urbienė**
LŽŪU
Lithuanian University
of Agriculture, Lithuania

Prof. dr. **Rimantas Venskutonis**
KTU
Kaunas University of Technology,
Lithuania

Prof. dr. **Pranas Viškėlis**
LSDI
Lithuanian Institute
of Horticulture, Lithuania

Redaktorių kolegijos adresas – Address for correspondence:

Taikos pr. 92, LT-51180 Kaunas, Lithuania
tel. (370 37) 312358
maistas@lmai.lt
www.lmai.lt

„Maisto chemija ir technologija“
cituojamas – is covered by the:
CAB ABSTRACTS Database
Index Copernicus

© KTU Maisto institutas, 2013

Turinys ♦ Contents

Bartkienė E., Juodeikienė G., Vidmantienė D., Bašinskienė L., Valatkevičienė Ž. Skirtingų kviečių veislių technologinių savybių įtaka kepinių kokybei	5
Грек Е., Красуля Е. Исследование влияния пищевых волокон на формы связи влаги в смесях с молочной сывороткой	15
Gruzdienė D., Kazernavičiūtė R. Kavos tūrščių aliejaus cheminė sudėtis, oksidacinis stabilumas ir panaudojimas	22
Иванов С., Кишенько И., Крыжова Ю. Исследование качественных показателей сырья мясоперерабатывающей отрасли Украины	35
Jasutienė I., Miliauskienė I., Vaičiėkauskaitė D., Garmienė G. Benzenkarboksirūgšties nustatymas mėsos gaminiuose chromatografiniu metodu	44
Kampuse S., Siljānis K., Rakcejeva T., Grāmatiņa I., Kļava D. The effect of blanching on the quality parameters of dried potato products	51
Liutkevičius A., Narkevičius R., Speičienė V. Ekologiško maisto gamybai vartojamų alternatyvių medžiagų paieška vietoje vandenilio chlorido, natrio nitrito ir kalio nitrato	58
Mačionienė I., Šalomskienė J., Jasinauskienė D., Jonkuvienė D. Pieno rūgšties bakterijų antimikrobinis aktyvumas prieš <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> ir <i>Escherichia coli</i>	65
Полышук Г., Мацько Л., Раминаускас Р., Крупская Т., Туров В. Изучение процесса размораживания мороженого с яблочным пюре методом низкотемпературной ¹ H ЯМР-спектроскопии	73
Полышук Г., Бреус Н., Волкодав Н., Раминаускас Р. Математическое моделирование активации функционально-технологических свойств яблочного пюре	82
Stepaniukas A., Bartkienė E., Moskevičienė R. Aukštesnieji alkoholiai ir kitų fizelio junginiai baltajame sauzinone vune	90
Šarkinas A., Jasinauskienė D. Sušaldymo įtaka laktokokų ir laktobacilų gyvybingumui	98
Владыкина Т. Последние достижения в области эффективной безводной переработки молока	105
Охрименко О. В., Гальгинайтите Л. Славный юбилей	106
Nurodymai straipsnių autoriams	109
Instructions to Authors	111

Математическое моделирование активации функционально-технологических свойств яблочного пюре

Галина Полищук, Наталия Брус, Наталия Волкодав

Национальный университет пищевых технологий, ул. Владимирская 68, 01033 Киев, Украина; тел. (+38044) 413-24-98; эл. почта milknuft@i.ua

Римгаудас Раманаускас

Пищевой институт Каунасского технологического университета, пр. Тайкос 92, LT-51180 Каунас, Литва; тел. (370-37) 311351; эл. почта lmai@lmai.lt

В качестве натурального стабилизирующего ингредиента для производства мороженого и замороженных десертов предлагается использовать яблочное пюре с повышенным содержанием растворимого пектина. Подтверждена возможность активации функционально-технологических свойств яблочного пюре путем его гидротермической обработки в определенном температурном и временном диапазоне при минимально возможной активной кислотности в составе мороженого (85 °С, 20 мин, pH=3,0). Установлено, что под воздействием последующей обработки под высоким давлением, создаваемым в реакционной среде гомогенизатора клапанного типа, в яблочном пюре повышается содержание растворимого пектина. Установлен максимально возможный уровень механического воздействия на яблочное пюре (не выше 20 МПа), который обеспечивает технологически необходимое содержание растворимого пектина в количестве не менее 9,5 % и не приводит к существенной деградации пектиновых веществ.

Путем математического моделирования в среде математической системы MathCad 15 проведен комплексный анализ процесса активации функционально-технологических свойств яблочного пюре. Получены математические модели описывающие зависимости содержания растворимого пектина в яблочном пюре от режимов его гидротермической обработки и последующей гомогенизации в диапазоне давления от 5 до 25 МПа. Выведены уравнения регрессии, в которых функциональные зависимости описываются полиномами 3+5-го порядков. Получены графические изображения поверхностей, описывающих процесс повышения содержания растворимого пектина в яблочном пюре.

Оптимизированы условия получения растворимого пектина в составе яблочного пюре в количестве, достаточном для стабилизации структуры мороженого на молочной основе и плодово-ягодного десерта без использования пищевых добавок.

Разработанная авторами инженерно-математическая база имеет практическое значение, что доказано при проведении опытных выработок молочно-яблочного мороженого и яблочного замороженного десерта.

Ключевые слова: растворимый пектин, яблочное пюре, математическое моделирование, мороженое.

Введение

Пектины широко используют в производстве структурированных пищевых продуктов [1–3]. Наиболее традиционным сырьевым ресурсом для их получения являются плоды и овощи [4]. Однако следует заметить, что из указанного количества пектиновых веществ (ПВ) всего около 25 % – технологически активный растворимый пектин (РП) [5]. Процесс размягчения растительной ткани плодов и овощей при тепловой обработке непосредственно связан с деструкцией полисахаридного

комплекса клеточных стенок плодовоовощного сырья, которая сопровождается повышением содержания РП [6].

Гидролиз протопектина (ПП) является внутренним процессом и определяется температурой, длительностью процесса, pH среды, видом гидролизующего агента (неорганические и органические кислоты, щелочи и ферменты), концентрацией реагентов, гидромодулем, физико-химическими свойствами пектиновых веществ и морфологической структурой растительных клеток [6]. Гидролиз

ПП начинается уже при температуре выше 60 °С и интенсифицируется с повышением температуры. Этот процесс включает две стадии: на первой происходит расщепление связей между макромолекулами ПП с другими компонентами клеточных стенок, на второй – гидролиз природных полимеров с образованием продуктов разложения с разной молекулярной массой и растворимостью в воде, что является нежелательным.

Получение чистого пектина – довольно сложный и дорогостоящий процесс [7]. Для очистки пектина используют различные химические вещества, которые трудно удалить из готового продукта, при этом вместе с пектином могут осаждаться моносахара и другие сопутствующие вещества. Кроме того, физические и химические воздействия на сырье в процессе экстрагирования, дальнейшая очистка и концентрирование могут снижать природные желирующие свойства пектина. Поэтому использование пектиносодержащих паст и пюре является весьма перспективным направлением в технологиях структурированных десертов. Однако применение уваренных пектиносодержащих пюре и паст, в состав которых вносят консервирующие вещества, при производстве натуральных органических продуктов несколько ограничено. Подобные системы с повышенным содержанием пектина довольно вязкие [8], что может усложнить их гомогенное распределение в созревшей и густой смеси для производства мороженого. Таким образом, намного более удобной и дешевой является обработка плодов и овощей непосредственно перед их использованием в производстве мороженого при режимах, обеспечивающих максимальную активацию их функционально-технологических свойств.

Целью данной работы был анализ эффективности различных режимов обработки яблочного пюре для повышения содержания в нем растворимого пектина, проведенный с использованием математического моделирования.

Материалы и методы

Количество ПВ и степень перехода ПП в гидратопектин определяли кальций-пектатным методом (ГОСТ 29059). Активную кислотность измеряли потенциометрически.

Гомогенизацию яблочного пюре осуществляли при температуре (75±2) °С с помощью лабораторного гомогенизатора-диспергатора клапанного типа модели 15M-8TA “Lab Homogenizer & Sub-Micron Disperser”

(изготовитель – GAULIN CORPORATION, Massachusetts). Минимальный объем исследуемого образца составлял 0,5 дм³, давление гомогенизации изменяли в диапазоне от 5 до 25 МПа.

Для исследований использовали пюре из яблок свежих кисло-сладкого сорта “Чемпион” поздних сроков созревания, которые отличаются повышенным содержанием сухих веществ (11,0–14,3 %), пектиновых веществ (1,2–2,5 %). Для регулирования кислотности пюре использовали кислоту лимонную моногидрат пищевую в виде 50-процентного водного раствора.

Яблочное пюре перед обработкой подкисляли до pH=3,0. Это обеспечивало достаточную эффективность гидролиза ПП и позволяло получать мороженое молочно-яблочное с кислотностью не более 70 °Т, что соответствовало нормативным требованиям.

Температуру обработки изменяли в пределах от 55 до 95 °С, длительность – в диапазоне от 20 до 80 мин. По сравнению с контрольным образцом, в котором содержание РП определяли только после гидротермической обработки, также были исследованы образцы после одноступенчатой гомогенизации при 5, 10, 15, 20 и 25 МПа.

В качестве критерия эффективности активации яблочного пюре для оптимизации процесса авторы избрали минимально допустимое (технологически целесообразное) количество РП, составляющее 9,5 % от содержания сухих веществ яблок. Введение такого яблочного пюре в состав мороженого в количестве до 35 % будет обеспечивать не менее 0,4 % натурального стабилизатора – растворимого пектина. В соответствии с рекомендациями российского ученого Ю. А. Оленева, именно такое количество пектина является вполне достаточным для стабилизации структуры мороженого различных видов [9].

Результаты и их обсуждение

Авторами предварительно была подтверждена возможность существенного повышения РП в яблочном пюре под воздействием гидротермической обработки при температуре 85 °С на протяжении 20 мин и при минимально возможной активной кислотности в составе мороженого (pH=3,0).

Исходя из существующей информации о возможном влиянии на состояние макромолекул ПВ технологии “высокое давление/высокая температура” (НР/НТ) [10], дополнительно была изучена возможность использования для обработки яблочного пюре гомогенизатора

клапанного типа, широко применяемого в молочной промышленности для дробления жировых шариков. Однако давление, создаваемое таким гомогенизатором, практически на порядок ниже такового в технологии НР/НГ.

В результате проведенных исследований установлено, что под воздействием обработки при высоком давлении, создаваемом в реакционной среде гомогенизатора, в яблочном пюре действительно повышается содержание РП. Давление гомогенизации 20 МПа обеспечивало

технологически необходимое содержание РП и не приводило к существенной деградации ПВ.

Изменение содержания ПВ и их перераспределение в яблочном пюре с содержанием сухих веществ 12,3 % под воздействием гидротермической обработки при постоянных режимах (85 °С, 20 мин, рН=3,0), в т.ч. при последующей гомогенизации под давлением от 5 до 25 МПа, представлено на рисунке 1.

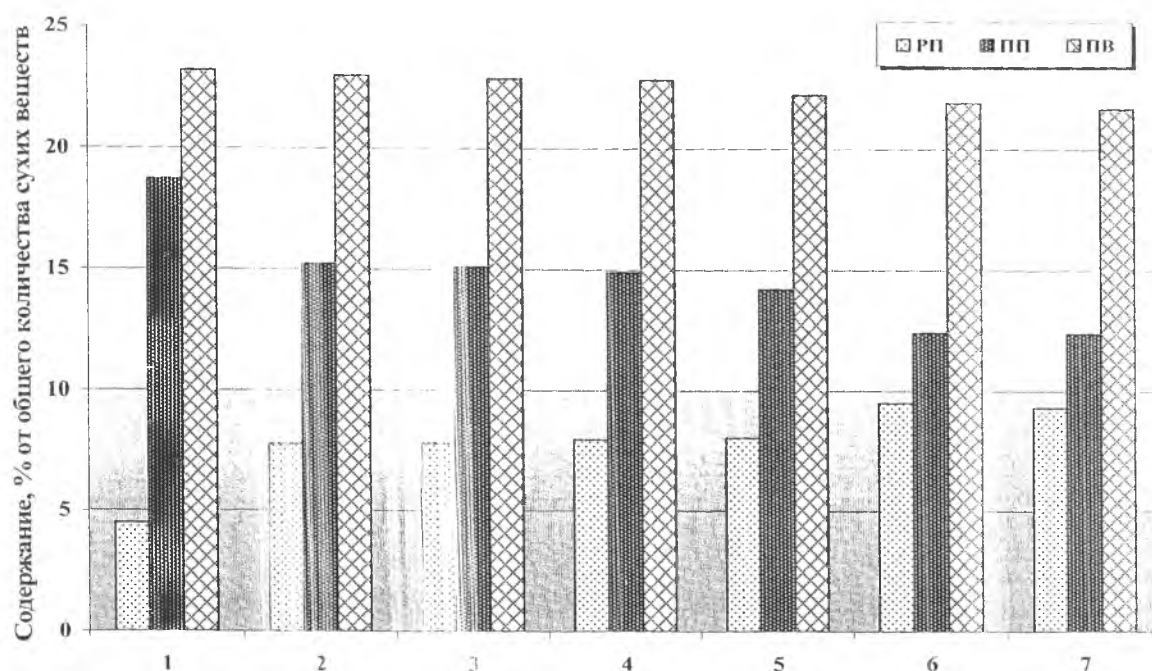


Рис. 1. Содержание пектиновых веществ в яблочном пюре (проц. от общего количества сухих веществ) при различных режимах обработки: 1 – свежее яблочное пюре; 2 – яблочное пюре после гидротермической обработки; 3 – яблочное пюре, гомогенизированное при 5 МПа; 4 – гомогенизированное при 10 МПа; 5 – гомогенизированное при 15 МПа; 6 – гомогенизированное при 20 МПа; 7 – гомогенизированное при 25 МПа

Fig. 1. Pectin content in apple puree (% of dry matter), processed by various treatments: 1 – fresh apple puree, 2 – apple puree after hydrothermal treatment, 3 – apple puree, homogenized at 5 MPa, 4 – the puree, homogenized at 10 MPa, 5 – the puree homogenized at 15 MPa, 6 – the puree, homogenized at 20 MPa, 7 – the puree, homogenized at 25 MPa

Погрешность полученных результатов не превышала допустимых пределов, которые декларируются в использованных методиках.

Как видно из рисунка 1, количество РП в яблочном пюре после тепловой обработки составляло 7,77 % от общего содержания сухих веществ яблок притом, что в свежем пюре – 4,49 %. Таким образом, гидротермическая обработка при рациональных технологических режимах повышала содержание РП достаточно

существенно – в 1,7 раза. Однако полученный результат был несколько ниже заданного расчетным путем минимально необходимого количества РП в яблочном пюре как стабилизационного компонента в составе мороженого. Применение гомогенизации под давлением 5 и 10 МПа практически не влияло на распределение ПВ в яблочном пюре. Только по достижении давления гомогенизации 20 МПа удалось получить содержание РП в пюре в

количествах от 9,5 % и выше. При этом количество ПП соответственно снижалось на фоне постепенного уменьшения общего количества ПВ за счет частичного разложения макромолекул пектина под воздействием значительного механического воздействия.

Для практического применения полученных результатов в широком диапазоне значений температуры и длительности гидротермической обработки яблочного пюре были получены

математические модели в среде MathCad 15, которые оптимизируют активацию функционально-технологических свойств яблочного пюре в виде графических изображений поверхностей.

Математическая модель на примере яблочного пюре, обработанного термически без гомогенизации, приведена на рисунке 2.

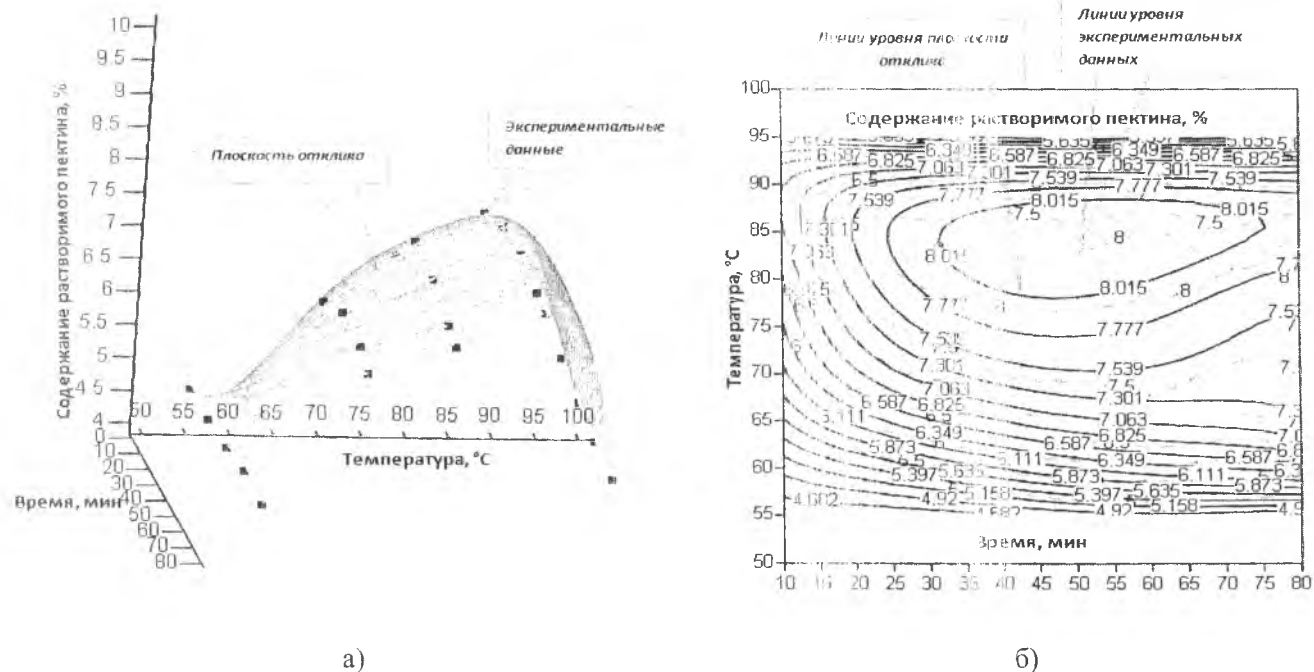


Рис. 2. Поверхности отклика (а) и линии постоянных значений (б) содержания растворимого пектина (проц.) в яблочном пюре при гидротермической обработке без гомогенизации

Fig. 2. Yield surface (a) and contour curves (б) for soluble pectin content (%) in apple puree after hydrothermal treatment, without homogenization

Точность вычислений по математической модели составила 0,042. Уравнение регрессии, которое описывает изменение содержания гидратопектина в яблочном пюре, в соответствии с рисунком 1, приведено ниже:

$$Z(x,y) = -0.000000272xy^4 - 0.000000525y^5 + 0.000195221y^4 - 0.028759y^3 + 0.000072206x^2y^3 + 2.097420xy^2 - 0.007374x^2y^2 - 0.000015599x^3y - 75.746271y + 0.35321xy + 0.00049422x^2y +$$

$$0.00000722x^1y - 6.65309983x - 0.0040291x^2 - 0.000295132x^1 + 1088.39.$$

Поскольку эффективность гомогенизации яблочного пюре была достаточной лишь по достижении давления не менее 20 МПа, именно этот образец представляет особый интерес и приведен в качестве наглядного изображения процесса повышения количества растворимого пектина за счет значительного внешнего воздействия на пектиновые вещества (рис. 3).

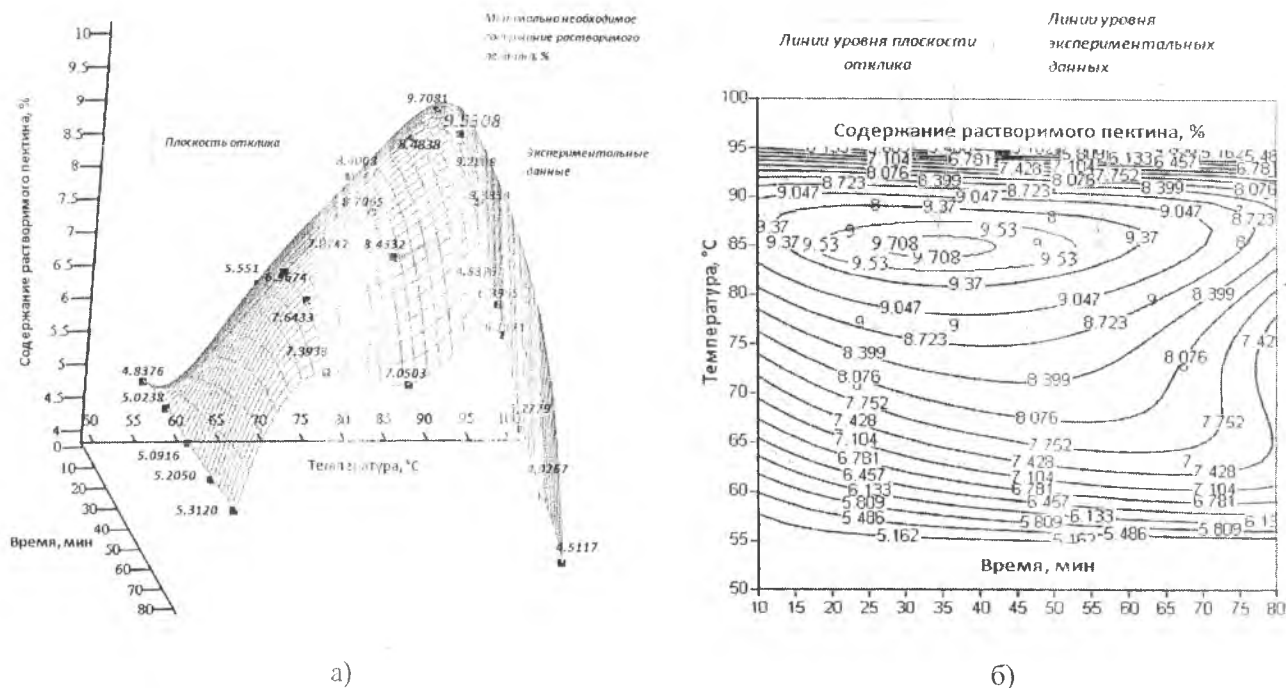


Рис. 3. Поверхности отклика (а) и линии постоянных значений (б) содержания растворимого пектина (поц.) в яблочном пюре при гидротермической обработке и гомогенизации под давлением 20 МПа
Fig. 3. Yield surface (a) and contour curves (б) for soluble pectin content (%) in apple puree after hydrothermal treatment and homogenization at 20 МПа

Погрешность полученной математической модели была равна 0,021.

Уравнение регрессии в этом случае было следующим:

$$Z(x,y) = -0.000000384xy^4 - 0.000000852y^5 + 0.000308823y^4 - 0.044627292y^3 + 0.000116043x^2y^3 + 3.215528xy^2 - 0.0132254x^2y^2 + 0.000000123x^3y - 115.3692xy + 0.672921x^2y + 0.000023058x^3y - 12.782792x + 0.0104x^2 - 0.0000412x^3 + 1651.1512.$$

При дальнейшем повышении давления гомогенизации существенного технологического эффекта не выявлено. Следует отметить даже незначительное снижение верхней границы содержания РП в яблочном пюре, обработанном под давлением 25 МПа до 9,55 %, по сравнению с максимальным содержанием 9,7 % для пюре, гомогенизированном при 20 МПа.

Вероятно, это происходило вследствие частичной деструкции ПВ, из-за чего низкомолекулярные продукты этого процесса не идентифицировались при использовании количественного кальций-пектатного метода. Можно предположить, что подобная обработка, приводящая к появлению фрагментов

биполимерных цепей, может снижать структурирующие свойства яблочного пюре.

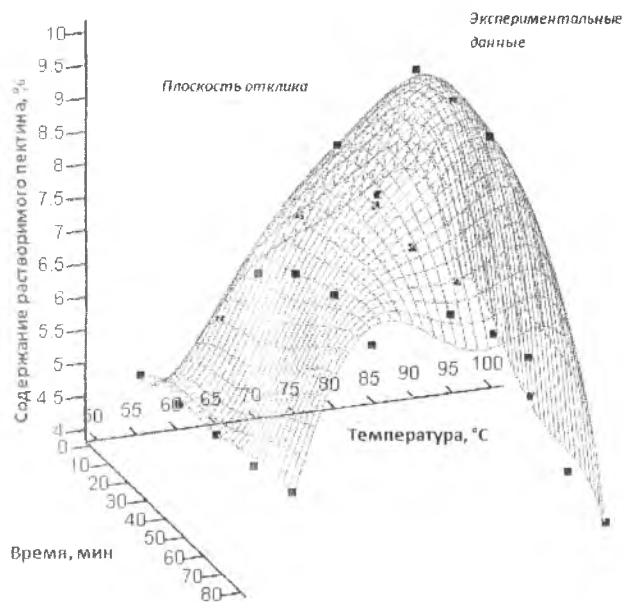
Модель процесса активации яблочного пюре под давлением 25 МПа проиллюстрирована на рисунке 4.

Точность вычислений при использовании математической модели составляла 0,043.

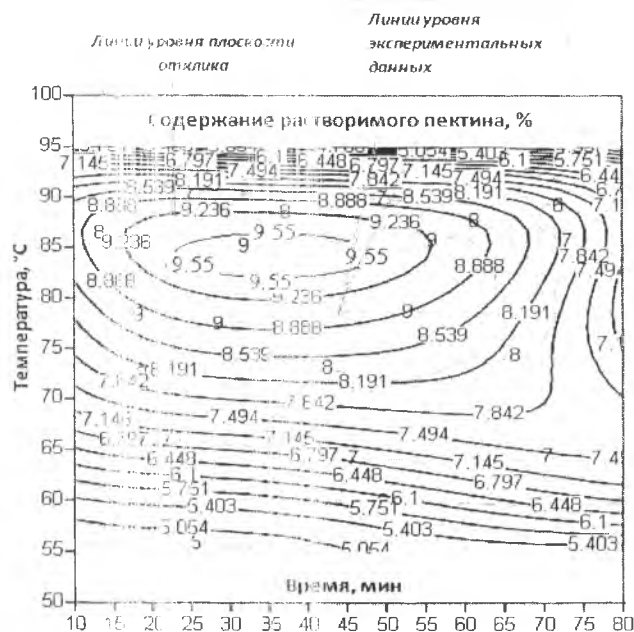
Уравнение регрессии, описывающее изменение содержания растворимого пектина в яблочном пюре под воздействием гидротермической обработки и давления гомогенизации 25 МПа, приведено ниже.

$$Z(x,y) = -0.000001069y^5 - 0.000382899y^4 - 0.05440346y^3 + 3.83248xy^2 + 0.000899273x^2y^2 - 133.7969y - 0.07097xy + 0.0019388x^2y + 0.000005237x^3y + 1.494079x - 0.0382589x^2 - 0.000070.255x^3 - 0.000001258x^4 + 1855.8955.$$

Основным результатом проведенных исследований является разработанная инженерно-математическая база, позволяющая прогнозировать содержание растворимого пектина в яблочном пюре под воздействием температуры и длительности обработки, а также давления гомогенизации.



а)



б)

Рис. 4. Поверхности отклика (а) и линии постоянных значений (б) содержания растворимого пектина (проц.) в яблочном пюре при гидротермической обработке и гомогенизации под давлением 25 МПа
Fig. 4. Yield surface (а) and contour curves (б) for soluble pectin content (%) in apple puree after hydrothermal treatment and homogenization at 25 МПа

В соответствии с разработанной математической моделью, при давлении гомогенизации 20 МПа и рассчитанных значениях времени (x) и температуры (y) обработки, в полупромышленных условиях было получено яблочное пюре с заданным содержанием РП (9,6 %). Это пюре использовали в составе яблочной и молочно-яблочной смесей в количествах 35 и 30 %, что обеспечивало присутствие соответственно до 0,41 % и до 0,35 % растворимого натурального пектина в мороженом. Для мороженого плодово-ягодного типового состава содержание пектина может составлять не менее 0,4 %, для молочно-яблочного – не менее 0,3 %. Таким образом, была полностью исключена потребность в дополнительном внесении в смеси стабилизаторов структуры.

Мороженое, стабилизированное яблочным пюре, отличалось хорошей взбитостью (70–87 %), мелкодисперсным распределением воздуха (средний диаметр воздушных пузырьков 43–79 мкм), достаточным сопротивлением таянию (31–48 мин).

Целью дальнейших исследований являлось изучение реологических свойств яблочного пюре с повышенным содержанием растворимого

пектина и смесей с их использованием для производства мороженого с молочными компонентами и без них

Выводы

1. На основе результатов исследования условий активации функционально-технологических свойств яблочного пюре были разработаны соответствующие математические модели, позволяющие прогнозировать содержание в нем растворимого пектина при изменяемых параметрах процесса (температура, продолжительность тепловой обработки, давление).
2. В соответствии с уравнениями регрессии, минимально необходимое содержание растворимого пектина в яблочном пюре (9,5 %) можно получить при использовании гомогенизации с давлением не ниже 20 МПа. Дальнейшее повышение давления приводило к некоторому уменьшению общего количества пектиновых веществ, связанному с их частичной деструкцией.
3. Математические модели процесса активации технологических свойств яблочного пюре имеют практическое значение для технологии мороженого плодово-ягодного и молочно-

яблочного, что позволяет формировать и стабилизировать структуру натурального продукта без использования пищевых добавок.

Литература

1. **Fernandez M. L.** Pectin composition, chemistry, physicochemical properties, food applications, and physiological effects // Cho S., Deher M. L. Handbook of Dietary Fiber. New York: Marcel Dekker, Inc., 2001. P. 583–601
2. **Sorensen I., Pedersen H. L., Willats W. G.** An array of possibilities for pectin // Carbohydrate Research. 2009. Vol. 344(14). P. 1872–1878.
3. **May C. D.** Industrial pectins: sources, production and applications // Carbohydrate Polymers. 1990. Vol. 12. P. 79–99.
4. **Voragen A. G. J., Pilnik W., Thibault J.-F., Axelos M. A. V., Renard C. M. C. C.** Pectins // Food Polysaccharides and their Applications. Stephen A. M. (ed.). New York: Marcel Dekker Inc, 1995. P. 287–339.
5. **Донченко Л. В.** Технология пектина и пектинопродуктов. М.: ДеЛи, 2000. 215 с.
6. **Van Deventer-Schriener W. H., Pilnik W.** // Studies on pectin degradation // Acta Alimentaria 1987. Vol. 16. P.143.
7. **Rolin C.** Commercial pectin preparations // Pectins and their Manipulation. Seymour G. B., Knox J. P. (eds.). Blackwell Publishing Ltd, 2002. P. 222–241.
8. **Белоусова И. А., Сапожникова Н. Ю.** Вязкость как показатель качества плодовых полуфабрикатов // Техника и технология пищевых производств: Тез. докл. V II Междунар. науч.-техн. конф., Минск: УО "МНУП", 2011. Ч. 1. С. 179–180.
9. **Оленев Ю. А., Творогова А. А., Казанова Н. В., Соловьева Л. Н.** Справочник по производству мороженого. М.: ДеЛи принт, 2004. 798 с.
10. **De Roeck A., Duvetter T., Fraeye I., Van Der Plancken I., Sila D. N.** Effect of high-pressure/high-temperature processing on chemical pectin conversions in relation to fruit and vegetable texture // Food Chemistry. 2009. Vol. 115. P. 207–213.

Pateikta spaudai 2013-02

G. Polishchuk, N. Breus, N. Volkodav, R. Ramanauskas
**MATHEMATICAL MODELING FOR
ACTIVATION OF FUNCTIONAL AND
TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF APPLE
PUREE**

Summary

Apple puree with increased content of soluble pectin is proposed as a natural stabilizing agent for ice-creams and frozen desserts. It has been established that the functional and technological properties of apple puree can

be activated by hydrothermal treatment through a specified temperature range, time period and at a minimal acidity obtainable in ice-cream (85 °C, 20 min, pH=3.0). The ice-cream mixture is homogenized by high pressure treatment within a valve homogenizer, which increases the soluble pectin content in apple puree. In order to obtain 9.5 % of soluble pectin in apple puree, the optimal homogenization pressure should be no less than 20 MPa. Having exceeded this pressure, partial degradation of pectin substances starts.

Mathematical modeling in MathCad 15 was applied to obtain a comprehensive analysis of activation of the functional and technological properties of apple puree. Mathematical models were established describing the dependencies of soluble pectin content in apple puree from the modes of hydrothermal treatment and subsequent homogenization within the pressure range from 5 to 25 MPa. Regression equations were deduced describing functional dependencies using 3–5 order polynomials. Yield surfaces were obtained to describe the increase of pectin content in apple puree.

Conditions were optimized to obtain soluble pectin, within apple puree, in quantities sufficient to stabilize the structure of milk based ice-cream or fruit ice-cream without food additives.

The engineering and mathematical basis developed by the authors has practical importance, which was proven by pilot production of milk and apple ice-cream and frozen apple dessert.

Keywords: soluble pectin, apple puree, mathematical modeling, ice-cream.

G. Poliščiuik, N. Breus, N. Volkodav, R. Ramanauskas

**OBUOLIŲ TYRĖS FUNKCINIŲ-TECHNOLOGINIŲ
SAVYBIŲ AKTYVACIJOS MODELIAVIMAS
MATEMATINIŲ METODŲ**

Santrauka

Siūloma valgomųjų ledų ir užšaldytų desertų gamyboje panaudoti naujo tipo stabilizatorių – obuolių tyrę su didesniu tirpaus pektino kiekiu. Nustatyta, kad obuolių tyrės funkcinės-technologinės savybės gali būti aktyvuojamos fiksuotose temperatūros ribose, panaudojus minimalaus aktyviojo rūgštingumo valgomųjų ledų mišinyje (85 °C, 20 min, pH=3,0). Ledų mišinys homogenizuojamas dideliu slėgiu, kuris sudaromas vožtuviniame homogenizatoriuje, dėl ko padidėja tirpaus pektino kiekis. Optimalus homogenizavimo slėgis, norint gauti 9,5 % tirpaus pektino obuolių tyrėje, yra ne mažesnis kaip 20 MPa. Viršijus šį slėgį, prasideda dalinė pektino destrukcija.

Panaudojus matematinio modeliavimo sistemą MathCad 15, kompleksiskai išanalizuotas obuolių tyrės funkcinių technologinių savybių aktyvacijos procesas. Gautas matematinis modelis, aprašantis tirpaus pektino kiekio obuolių tyrėje priklausomybę nuo hidroterminio apdorojimo kintant slėgiui nuo 5 iki 25 MPa. Sudarytos regresinės lygtys, kuriose funkcinės priklausomybės išreiškiamos 3÷5 laipsnio polinomais. Gautos grafinės

paviršių išraiškos, vaizduojančios tirpaus pektino padidėjimo procesą obuolių tyrėje.

Nustatytos optimalios tirpaus pektino gavimo sąlygos obuolių tyrės apdorojimo metu. Ją laikantis, gaunamas tirpaus pektino kiekis visiškai pakeičia maisto priedus, naudojamus pieniškų valgomųjų ledų ir vaisių-uogų desertų struktūrai stabilizuoti.

Autorių pasiūlytos inžinerinės-matematinės bazės praktinė vertė patvirtinta gaminant bandomuosius pieniškus vaisinius valgomuosius ledus bei užšaldytą obuolių desertą.

Raktazodžiai: tirpas pektinas, obuolių tyrė, matematinis modeliavimas, valgomieji ledai.