

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.681

Моделирование рецептур кексов с маслом грецкого ореха и экструдатом пшеничных отрубей

Бочкарева З.А., Сушенцова А.И.

Аннотация. В сфере общественного питания широко применяется создание автоматизированных систем и технологий. Одним из важных направлений разработки автоматизированных систем и технологий является проектирование пищевых продуктов сложного сырьевого состава. Цель исследований – компьютерное проектирование, заключающееся в построении модели кексового полуфабриката по заданным параметрам качества и рецептурной оптимизации продукта по критериям содержания пищевых волокон и полиненасыщенных жирных кислот. Объектом исследования является кекс с различным соотношением в тесте экструдата пшеничных отрубей и масла грецкого ореха. Реализация задач проектирования выполнялась на ПК в среде Microsoft Excel с помощью надстройки «Поиск решения». Моделирование позволило найти соотношение ингредиентов кексов для обеспечения максимального содержания полиненасыщенных жирных кислот и пищевых волокон.

Ключевые слова: кекс, моделирование, масло грецкого ореха, экструдат пшеничных отрубей.

Для цитирования: Бочкарева З.А., Сушенцова А.И. Моделирование рецептур кексов с маслом грецкого ореха и экструдатом пшеничных отрубей // Инновационная техника и технология. 2019. № 3 (20). С. 5–9.

Modeling of cupcake recipes with walnut oil and wheat bran extrudate

Bochkareva Z.A., Sushentsova A.I.

Abstract. In the field of public catering, the creation of automated systems and technologies is widely used. One of the important directions of development of automated systems and technologies is the design of food products of complex raw materials. The aim of the research is computer-aided design, which consists in constructing a model of a cupcake semi-finished product according to the specified quality parameters and recipe optimization of the product according to the criteria of the content of dietary fibers and polyunsaturated fatty acids. The object of the study is a cupcake with a different ratio in the dough of wheat bran extrudate and walnut oil. The implementation of project tasks was carried out on a PC in Microsoft Excel using the “Solution Search” add-in. The simulation allowed to find the ratio of cupcake ingredients to ensure maximum content of polyunsaturated fatty acids and dietary fiber.

Keywords: cupcake, modeling, walnut oil, wheat bran extrudate.

For citation: Bochkareva Z.A., Sushentsova A.I. Modeling of cupcake recipes with walnut oil and wheat bran extrudate. Innovative Machinery and Technology. 2019. No.3 (20). pp. 5–9. (In Russ.).

Введение

Кексы относятся к популярным изделиям высокой энергетической ценности из муки пшеничной высшего сорта, но приверженцы правильного

образа жизни и полезного питания используют в своем рационе кексы из различных видов муки и с разными функциональными ингредиентами.

Большое число работ нынешних отечественных и зарубежных ученых, посвященных разработ-

	A	B	C	D	E	F
1			Содержание пищевых веществ в 100 г. продукта			
2	Наименование сырья		Пищевые волокна, г	ПНЖК, г	ω-3	ω-6
3	Мука пшеничная в/с	X1	3,5	0,51	0,03	0,48
4	Сахар-песок	X2	0	0	0	0
5	Растительное масло	X3	0	59,8	0	59,8
6	Яйца	X4	0	1,26	0,06	1,1
7	Изюм	X5	6,5	0,037	0,008	0,029
8	Масло грецкого ореха	X6	0	70,6	17,6	52,7
9	Экструдат пшеничных отрубей	X7	30	2,21	0,167	2,044

Рис. 1. Информационная матрица данных

ке кексов с усовершенствованными показателями качества и высокой пищевой ценностью, обосновано возможностью использования функциональных ингредиентов и нетрадиционных видов сырья [1, 2, 3, 4, 5].

Кексам характерен нежный вкус, который придают им жиры. Анализ отраслевой научно-технической литературы показывает, что для производства кексов в качестве жирового сырья используют маргарины и кондитерские жиры, полученные из гидрогенизированных растительных масел. В таких жирах содержится свыше 50 % трансизомеров жирных кислот, которые не только плохо усваиваются в организме человека, но и оказывают негативное влияние на его здоровье [4].

Поэтому разработка кексов с заменой кондитерских жиров на растительные масла позволяет изменить соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в готовых изделиях. При этом для того, чтобы не изменились функционально-технологические и структурно-механические свойства изделий необходимо использовать ингредиенты, способствующие сохранению данных свойств. Таким ингредиентом является экструдат пшеничных отрубей [5].

Целью работы являлось проектирование рецептур кексов с использованием метода линейного программирования, отличающихся сбалансирован-

ным химическим составом за счет добавления масла грецкого ореха и экструдата пшеничных отрубей.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являются кексы с различным соотношением в тесте экструдата пшеничных отрубей (ЭПО) и масла грецкого ореха (МГО). Реализация задач проектирования выполнялась на ПК в среде Microsoft Excel с помощью надстройки «Поиск решения». Поставленную задачу решали с использованием метода линейного программирования, позволяющего определить удельный вес удельный вес участия каждого вида сырья в производстве единицы искомого продукта.

Результаты и их обсуждение

Среди известных моделей, применяемых при исследовании технологических процессов особое место занимают линейные модели, т.е. модели, где математические зависимости и ограничения в виде неравенств линейны относительно переменных величин, которые включены в модель. Суть задач подобного рода состоит в том, чтобы из множества допустимых вариантов рецептур выбрать по заданному признаку оптимальный вариант посредством направленного варьирования количественных соотношений сырьевых компонентов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1					Переменные						
2	Имя	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7			
3	Значение	21,79	17,55	12,33	14,04	8,77	2,18	2,42			
4									ЦФ		
5									Значение	Направ.	
6	Коэф.ЦФ	0,005	0	0,59	0,013	0,0004	0,71	0,02	9,165878	max	
7											
8					Ограничения						
9	Вид								Лев.часть	Знак	Прав.час
10	Огр6(ПВ)	0,04	0	0	0	0,07	0	0,3	2,2115	≥	25
11	Огр8(ω-3)	0,0003	0	0	0,0006	0,0001	0,18	0,002	0,413078	≥	1,6
12	Огр9(ω-6)	0,005	0	0,59	0,01	0,0003	0,53	0,02	8,730481	≥	10

Рис. 2. Автоматизированный расчет рецептуры с добавлением масла грецкого ореха – 15% и экструдата пшеничных отрубей – 10%

Таблица 1 – Таблица результатов автоматизированного расчета содержания пищевых веществ

Показатели	Контрольный образец	Образцы с заменой масла и муки		
		МГО-15%; ЭПО-10%	МГО-20%; ЭПО-20%	МГО-25%; ЭПО-30%
Пищевые волокна, г	1,582	2,21	2,84	3,45
ПНЖК, г	8,867	9,165	9,288	12,96
ω -3, г	0,016	0,413	0,546	0,682
ω -6, г	8,82	8,73	8,72	8,71

	А	В	С
1	Сырье	Индекс	Расход сырья на 100 шт. готовых изделий
2	1. Мука пшеничная в/с	X1	21,79
3	2. Сахар-песок	X2	17,55
4	3. Растительное масло	X3	12,33
5	4. Яйца	X4	14,04
6	5. Изюм	X5	8,77
7	6. Масло грецкого ореха	X6	2,18
8	7. Экструдат пшеничных отрубей	X7	2,42
9	ПНЖК		9,165878
10	ω -3		0,413078
11	ω -6		8,730481
12	Пищевые волокна		2,2115

Рис. 3. Рецепт кекса при автоматизированном расчете с добавлением масла грецкого ореха – 15% и экструдата пшеничных отрубей – 10%

Алгоритм моделирования рецептуры кексов состоял из следующих этапов:

- определение химического состава продуктов, входящих в рецептуру кексов и создание информационного банка данных;

- формирование системы балансовых линейных уравнений на базе информационного банка данных по пищевым волокнам, ПНЖК, незаменимым жирным кислотам ω -3, ω -6;

- определение технологических ограничений для модели разрабатываемых кексов заданного качества с постановкой ограничений: пищевые волокна ≥ 25 г, ПНЖК $\rightarrow \max$, ω -3 $\geq 1,6$ г, ω -6 ≥ 10 г;

- реализация задач проектирования кексов на ПК в среде Microsoft Excel;

- оценка вариаций созданных многокомпонентных пищевых продуктов с технологической точки зрения и выбор, который в большей степени отвечает назначенной цели [6].

Критериями оптимизации в данной модели выбраны нормы среднесуточной потребности в пищевых веществах (нутриентах) [7]. В качестве контрольного образца выбран кекс на химических разрыхлителях, но с использованием растительного (подсолнечного рафинированного) масла. В разрабатываемых образцах производится замена части подсолнечного масла на масло грецкого ореха и части муки пшеничной высшего сорта на экструдат пшеничных отрубей.

Для составления математической модели определено содержание питательных веществ в разра-

батываемом продукте. На рисунке 1 представлена информационная матрица данных для моделирования рецептуры кексов.

На основании информационной матрицы данных сформирована математическая модель рецептуры методом линейного программирования.

Составляем уравнения для будущей математической модели:

$$ПВ=0,04X1+0,07X5+0,3X7$$

$$ПНЖК=0,005X1+0,59X3+0,013X4+0,0004X5+0,71X6+0,02X7$$

$$\omega\text{-}3=0,0003X1+0,0006X4+0,0001X5+0,18X6+0,002X7$$

$$\omega\text{-}6=0,005X1+0,59X3+0,01X4+0,0003X5+0,53X6+0,02X7$$

Для составления ограничений использованы нормы суточной потребности человека в нутриентах.

$$ПВ=0,04X1+0,07X5+0,3X7 \geq 25\text{г}$$

$$ПНЖК=0,005X1+0,59X3+0,013X4+0,0004X5+0,71X6+0,02X7 \rightarrow \max$$

$$\omega\text{-}3=0,0003X1+0,0006X4+0,0001X5+0,18X6+0,002X7 \geq 1,6\text{г}$$

$$\omega\text{-}6=0,005X1+0,59X3+0,01X4+0,0003X5+0,53X6+0,02X7 \geq 10\text{г}$$

Произведено автоматизированное моделирование рецептур кексов с использованием MS Excel.

На рисунке 2 представлен автоматизированный расчет рецептуры с добавлением масла грецкого ореха – 15% и экструдата пшеничных отрубей – 10%.

Таблица 2 - Результаты расчета рецептур кексов с различным содержанием масла грецкого ореха и экструдата пшеничных отрубей

Показатели	Расход сырья на 100 шт готовых изделий, г		
	МГО-15%; ЭПО-10%	МГО-20%; ЭПО-20%	МГО-25%; ЭПО-30%
Мука пшеничная высшего сорта	21,79	19,37	16,95
Сахар-песок	17,55	17,55	17,55
Растительное масло	12,33	11,61	10,88
Яйца	14,04	14,04	14,04
Изюм	8,77	8,77	8,77
Масло грецкого ореха	2,18	2,9	3,63
Экструдат пшеничных отрубей	2,42	4,84	7,26

В таблице 1 представлены результаты автоматизированного расчета содержания пищевых веществ с различным содержанием масла грецкого ореха и экструдата пшеничных отрубей.

Анализ полученных результатов по автоматизированному расчету содержания пищевых веществ при частичной замене подсолнечного масла маслом грецкого ореха и муки пшеничной высшего сорта на экструдат пшеничных отрубей позволяет сделать вывод, что с повышением количества МГО и ЭПО повышается количество пищевых волокон, ПНЖК, и незаменимой жирной кислоты ω -3; а ω -6 уменьшается, но во всех полученных образцах соблюдается рекомендуемое соотношение ω -6 : ω -3 для рационов здорового человека (5-10):1. В целом уровень обогащения кексов ПНЖК возрастает.

На рисунке 3 представлена рецептура кекса при автоматизированном расчете с добавлением масла грецкого ореха – 15% и экструдата пшеничных отрубей – 10%.

Результаты автоматизированного расчета рецептур кексов с различным содержанием масла грецкого ореха и экструдата пшеничных отрубей представлены в таблице 2.

При замене основного сырья производство образцов кексов по полученным рецептурам не гарантирует получения продукта заданного качества по органолептическим показателям. Поэтому возникает необходимость отработки рецептур и отбора модельных образцов, способствующих высокому качеству кексов по функционально-технологическим и органолептическим показателям.

Выводы

С повышением количества МГО и ЭПО повышается количество пищевых волокон, ПНЖК, и незаменимой жирной кислоты ω -3; а ω -6 уменьшается, но во всех полученных образцах соблюдается рекомендуемое соотношение ω -6 : ω -3 для рационов здорового человека (5-10):1. Из возможных вариантов рецептур с максимальным содержанием ПНЖК и пищевых волокон является рецептура с добавлением масла грецкого ореха – 25% и экструдата пшеничных отрубей – 30%.

Список литературы

- [1] Балаева Е.В. Совершенствование технологии производства кексов и маффинов с использованием крахмалосодержащего сырья : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Е.В. Балаева. Москва, 2013. 25 с.
- [2] Перфилова О.В. Разработка технологии производства фруктовых и овощных порошков для применения их в изготовлении функциональных мучных кондитерских изделий : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / О.В. Перфилова. Москва, 2009. 26 с.
- [3] Сурмач Э.М. Разработка технологий и ассортимента кексов повышенной пищевой ценности из ржаной муки : автореф. Дис. ... Канд. Техн. Наук: 05.18.07 / Э.М. Сурмач. Санкт-Петербург, 2014. 16 с.
- [4] Туркова А.Ю. Совершенствование технологии кексов функционального назначения : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / А.Ю. Туркова. Орел, 2015. 26 с.
- [5] Шленская, Т. В. Экструдат пшеничных отрубей в производстве кексов /Т. В. Шленская, З. А. Бочкарева, Н. М. Шленская, В. П. Радченко // Кондитерское производство. 2009. № 6. С. 10-11.
- [6] Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин - М.: Дели Принт, 2005. 296 с.
- [7] ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности.

References

- [1] Balaeva E.V. Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva keksov i maffinov s ispol'zovaniem krakmalosoderzhashchego syr'ya : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.01 / E.V. Balaeva. Moskva, 2013. 25 p.
- [2] Perfilova O.V. Razrabotka tekhnologii proizvodstva fruktovykh i ovoshchnykh poroshkov dlya primeneniya ikh v izgotovlenii funktsional'nykh muchnykh konditerskikh izdelii : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.01 / O.V. Perfilova. - Moskva, 2009. 26 p.
- [3] Surmach E.M. Razrabotka tekhnologii i assortimenta keksov povyshennoi pishchevoi tsennosti iz rzhanoi muki : avtoref. Dis. ... Kand. Tekhn. Nauk: 05.18.07 / E.M. Surmach. Sankt-Peterburg, 2014. 16 p.
- [4] Turkova A.Yu. Sovershenstvovanie tekhnologii keksov funktsional'nogo naznacheniya : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.01 / A.Yu. Turkova. Orel, 2015. 26 p.
- [5] Shlenskaya, T. V. Ekstrudat pshenichnykh otrubei v proizvodstve keksov /T. V. Shlenskaya, Z. A. Bochkareva, N. M. Shlenskaya, V. P. Radchenko // Konditerskoe proizvodstvo. 2009. No 6. pp. 10-11.
- [6] Grachev, Yu.P. Matematicheskie metody planirovaniya eksperimentov / Yu.P. Grachev, Yu.M. Plaksin M.: Deli Print, 2005. 296 p.
- [7] GOST R 55577-2013 Produkty pishchevye spetsializirovannye i funktsional'nye. Informatsiya ob otlichitel'nykh priznakakh i effektivnosti.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Бочкарева Зенфира Альбертовна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: bochkariievaz@mail.ru</p>	<p>Bochkareva Zenfira Albertovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: bochkariievaz@mail.ru</p>
<p>Сушенцова Анастасия Игоревна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: ya_stasya@list.ru</p>	<p>Sushentsova Anastasia Igorevna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: ya_stasya@list.ru</p>