

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ ПОНИЖЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

П.К. Гарькина, Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин

Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия

Актуальным научным и прикладным направлением в индустрии продуктов питания является моделирование рецептур пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами. В статье приведены результаты исследования возможности применения методов математического моделирования рецептурного состава обогащенных мучных кондитерских изделий пониженной энергетической ценности на основе экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян льна (ЭКС). Среди мучных кондитерских изделий значительный объем занимает сахарное печенье, характеризующееся низкой пищевой и высокой энергетической ценностью за счет высокого содержания животных жиров и полисахаридов. Одним из путей реализации задачи снижения калорийности и повышения пищевой ценности продуктов питания является замена в рецептуре энергоемких компонентов на низкокалорийные. В этой связи перспективным сырьевым ресурсом при разработке рецептур сахарного печенья может быть экструдированное растительное сырье с повышенным содержанием белка, содержанием полиненасыщенных жирных кислот, водорастворимых веществ, позволяющее, во-первых, уменьшить содержание энергоемких сырьевых компонентов в рецептуре, во-вторых, обуславливающее повышение пищевой ценности за счёт обогащения содержащимися в нем функциональными пищевыми ингредиентами (минеральными веществами, витаминами, полиненасыщенными жирными кислотами и пищевыми волокнами). Конструирование многокомпонентных мучных кондитерских изделий способствует рациональному использованию сырьевых ресурсов, расширению ассортимента обогащенных конкурентоспособных продуктов питания с повышенной пищевой ценностью. Целью исследования является оптимизация с использованием симплекс-метода рецептурного состава сахарного печенья с применением ЭКС по критерию минимизации энергетической ценности. В результате предложена оптимальная рецептура сахарного печенья и обоснован вектор снижения энергетической ценности путем использования технологического потенциала ЭКС зерна пшеницы и семян льна.

Ключевые слова: печенье, зерно пшеницы, семена льна, экструдированная смесь, симплекс-метод.

Введение

Известно, что питание является одним из главных факторов, обуславливающих состояние здоровья человека.

Выявленное нарушение структуры питания и пищевого статуса у населения Российской Федерации приводит к разбалансировке защитных систем организма, снижению способности организма эффективно отвечать на отрицательное воздействие окружающей среды, и, как результат, способствует развитию различных заболеваний [1–4]. В этой связи представляет научный интерес разработка рецептур мучных кондитерских изделий со сниженной калорийностью. Приоритетной задачей оптимизации рецептурного состава изделий нового поколения является поиск и применение в рецептуре растительных компонентов, способных повысить пищевую ценность изделий, и снизить их калорийность.

Выбор растительных компонентов для оптимизации рецептуры базируется на анализе их химического состава. При этом в технологии продуктов питания в качестве готовых продуктов, полуфабрикатов и компонентов рецептуры для производства сухих завтраков [5, 6], хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [7, 8], а также мясных кулинарных изделий и мясопродуктов [9], а также напитков [10] широко применяют продукты экструзионной обработки.

Свойства экструдированного сырья обусловлены различными факторами: конструктивно-технологическими параметрами экструдеров, режимами проведения всех стадий технологического процесса экструдирования, химическим составом экструдированного сырья. Установлено, что эффективная модификация химического состава и функционально-технологических свойств растительного сы-

рья, применяемого в производстве продуктов питания, возможна путем термовакуумного воздействия на экструдированное сырье при выходе его из фильеры экструдера [11–13].

При разработке оптимизированных рецептур продуктов питания с заданным химическим составом и обогащенных функциональными пищевыми ингредиентами (ФПИ) актуальным является применение методов компьютерного моделирования [14, 15]. Компьютерное моделирование пищевых продуктов с заданным химическим составом и технологическими свойствами, в основном, базируется на методах линейного программирования.

Целью исследований является оптимизация с использованием симплекс-метода рецептурного состава сахарного печенья с применением ЭКС по критерию минимизации энергетической ценности.

Объекты и методы исследования

Для реализации поставленной цели в качестве объекта исследования использовали рецептуру сахарного печенья с применением ЭКС зерна пшеницы сорта Саратовская 36 и семян льна масличного в соотношении 3:1. ЭКС получали путем обработки в экструдере, снабженном вакуумной камерой [16]. Полученную ЭКС измельчали на лабораторной мельнице ЛМТ-1 и смешивали с пшеничной мукой. Прототипом послужили рецептура и технология сахарного печенья «Нева».

Выбор ЭКС обусловлен, во-первых, эффективным действием термопластической экструзии, приводящей к модификации биополимеров (крахмала и белка) и функционально-технологических свойств крахмалсодержащего сырья, а также сырья с повышенным содержанием липидов, и к повышению его технологического потенциала. Во-вторых, одновременное экструдирование крахмалсодержащего сырья с другими растительными добавками (белоксодержащими и липидсодержащими) представляет собой новую ступень в разработке полуфабрикатов с целью получения продуктов питания, обогащенных различными ФПИ [13].

Выбор в качестве ингредиента ЭКС семян льна обусловлен наличием в них ФПИ, таких, как пищевые волокна, витамины В₁, В₂, РР, макро- и микронутриенты (калий, кальций, марганец, фосфор, железо), полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) – линоленовая (ω-3) и линолевая (ω-6) кислоты. Указанные жирные кислоты участвуют в синтезе гормонов, осуществляющих регуляцию обменных

процессов в клетках, оказывают влияние на сердечно-сосудистую деятельность. Существенно участие ПНЖК в формировании фосфолипидов клеточных мембран. Они необходимы для правильного роста и функционирования организма человека, и входят в состав всех клеточных оболочек и мембран. Дефицит ПНЖК приводит к патологическим изменениям в различных органах. Велико в семенах льна содержание белка – 20–25 %, а также пищевых волокон – 20–28 % [17].

Для проектирования рецептуры сахарного печенья пониженной энергетической ценности использовали надстройку MS Excel «Поиск решения», представляющую собой возможность решения задачи линейного программирования и позволяющую оптимизировать состав рецептур.

Задача оптимизации решалась по химическому, витаминному, минеральному составу. Целевой функцией являлась минимальная энергетическая ценность сахарного печенья.

Результаты и их обсуждение

Методология проектирования рецептуры многокомпонентного мучного кондитерского изделия заключалась в последовательной реализации этапов:

- формирование информационного банка данных химического состава и энергетической ценности компонентов проектируемой рецептуры сахарного печенья;
- создание линейных уравнений по оптимизации уровня белков, жирнокислотного, углеводного, витаминного и минерального состава проектируемого продукта;
- разработка ограничений на использование отдельных компонентов;
- определение функции цели (критерий оптимизации) для проведения оптимизации рецептуры (минимальная энергетическая ценность изделия);
- решение оптимизационной задачи при разработке рецептуры сахарного печенья с помощью компьютерного моделирования.

В результате оптимизации должно быть достигнуто снижение энергетической ценности изделия и его обогащение ФПИ.

На основании информационного банка составлена система линейных балансовых уравнений по белку, а также жировому, углеводному, витаминному и минеральному составу проектируемого изделия.

В диалоговом окне «Поиск решения» указана целевая функция и приведены ограничения (рис. 1).

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию: **\$V\$3**

До: Максимум Минимум Значения:

Изменяя ячейки переменыных: **\$C\$4:\$C\$10**

В соответствии с ограничениями:

- \$C\$10 <= 3**
- \$C\$4 <= 59**
- \$C\$19 <= 113,6**
- \$C\$4 >= 53**
- \$C\$5 <= 12,5**
- \$C\$5 >= 10**
- \$C\$6 <= 19**
- \$C\$6 >= 16**
- \$C\$8 >= 3**
- \$C\$7 >= 8,5**
- \$C\$8 <= 5**
- \$C\$7 <= 10**

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения: Поиск решения линейных задач симплекс-методом

Метод решения: Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Кнопки: Справка, Найти решение, Закрыть

Ингредиенты	Масса	Масовая доля пищевых веществ в 100 г сырых ингредиентов							Массовая доля пищевых веществ в 100 г				Энергетическая ценность								
		Влага	Жиры	ПНЖК	БЖК	ВБЖК	ВБЖК	ВБЖК	ВБЖК	ВБЖК	ВБЖК	ВБЖК		ВБЖК							
Мука пшеничная высшего сорта	X1	0,000	10,3	1,2	0,48	0,03	0,48	68,7	0,26	1,6	14,5	0,17	0,04	1,2	0	122	18	16	86	5,1	328
КС	X2	0,000	16,3	11,5	7	5,1	1,9	33,8	6,5	11,6	7	0,4	0,2	4,6	0,01	450	97	201	411	6	390
Сахарная пудра	X3	0,000	0	0	0	0	0	99,8	0	0,15	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0,3	399,2
Маргарин	X4	0,000	0,3	82,5	17,8	0	17,8	0	1	0	16	0	0,02	0,02	0	10	11	13	7	0,2	419
Крахмал	X5	0,000	1	0,6	0	0	0	83,5	0	1,7	13	0	0	0	190	17	0	20	0	345	
Кукурузный крахмал	X6	0,000	12,7	11,5	1,26	0,06	1,1	0	0,7	0,74	0,07	0,44	0,19	0,06	153	35	54	185	2,3	187	
Малак	X7	0,000	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	280	
Инвертный сироп	X8	0,490	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Сода пищевая	X9	0,490	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Соль	X10	0,270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Алюминий	X11	0,170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Масса		0,000																			
Стартовый состав			8	12,5	0,5	0,03	0,47	50	25	1,1	17	0,08	0,05	0,7	0,008	110	29	20	90	2	
Функция цели			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Безопасное удержание			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 1. Диалоговое окно «Поиск решения»

Результаты расчета рецептуры сахарного печенья с помощью надстройки MS Excel «Поиск решения» приведены на рис. 2.

Масса компонентов оптимизированной рецептуры приведена в граммах в составе массы теста, необходимого для получения 100 г сахарного печенья. В соответствии с базовой рецептурой для получения 100 г сахарного печенья масса теста составляет 113,6 г. Содержание основных пищевых ингредиентов в изделиях по традиционной рецептуре и по предлагаемой модернизированной приведено без учета потерь сухих веществ.

Цель проектирования рецептуры сахарного печенья с применением ЭКС достигнута. Энергетическая ценность сахарного печенья в соответствии с математическим моделированием по предлагаемой оптимизированной рецептуре составляет 413,37 ккал, что на 6,7 % ниже энергетической ценности сахарного печенья по традиционной рецептуре (444,5 ккал).

В соответствии с математическим моделированием оптимальным количеством ЭКС является 12,5 г к массе рецептурных компонентов для получения 100 г печенья. Указанное количество внесенной ЭКС в сравнении с рецептурой прототипа позволяет снизить содержание пшеничной муки высшего сорта на 11,0 % (с 66,34 г до 59,0 г), сахарной пудры на 11,8 % (с 21,55 г до 19,0 г), маргарина на 23,7 % (с 12,68 г до 9,68 г). При этом в модернизированную рецептуру сахарного печенья требуется внести больше, чем в рецептуру прототипа, кукурузного крахмала, меланжа и инвертного сахара на 1,9; 0,5; 0,5 %, соответственно.

Содержание белка по результатам расчета оптимизированной рецептуры сахарного печенья на 8,8 % выше, чем в изделиях по традиционной рецептуре. Содержание жира ниже на 15 %. Внесение 12,5 % ЭКС для получения 100 г сахарного печенья привело к обогащению изделий ПНЖК. Высокий уровень ПНЖК в семенах льна приводит к повышению в 5,8 раза указанных функциональных ингредиентов в проектируемых изделиях с заменой 11 % пшеничной муки на муку ЭКС. В проектируемых изделиях с применением ЭКС содержание α -линоленовой кислоты (ω -3) возрастает в 21 раз. Содержание линолевой жирной кислоты (ω -6) возрастает в 4,8 раза в сравнении с уровнем указанной жирной кислоты изделиях по традиционной рецептуре.

Расчет количества крахмала в изделиях по традиционной рецептуре свидетельствует о более высоком уровне в сравнении с проектируемыми изделиями: содержание крахмала снизилось на 2 %. Содержание моно- и дисахаридов повысилось на 11,4 %, что коррелирует с полученными авторами ранее данными о деструкции крахмала растительного сырья при экструзионной обработке [11].

В соответствии с математическим моделированием в проектируемых изделиях повышается содержание пищевых волокон – на 125 %. Улучшился витаминный состав проектируемых изделий. Содержание В₁, В₂ и РР повысилось на 91; 36; 84 %, соответственно.

Применение муки ЭКС привело к повышению содержания калия, магния, фосфора и железа в сравнении с традиционным составом изделий.

В табл. 1 приведена рецептура сахарного теста с применением ЭКС в соответствии с результатами математического моделирования.

Рецептура сахарного печенья, полученная путем компьютерного моделирования, апробирована в лабораторных исследованиях. Установлено, что по органолептическим показателям сахарное печенье с применением ЭКС в количестве 12,5 г при изготовлении 100 г изделий не уступало показателям прототипа.

Определение органолептических (цвет, вкус, запах, форма, состояние поверхности, вид в изломе) и физико-химических (массовая доля влаги, намокаемость) показателей качества разработанного печенья подтвердило его соответствие требованиям ГОСТ 24901-2014.

В табл. 2 приведены результаты определения пищевой и энергетической ценности сахарного печенья в соответствии с оптимизированной рецептурой.

Анализ пищевой ценности прототипа и сахарного печенья с применением ЭКС свидетельствует о значительном повышении пищевой ценности изделия по оптимизированной рецептуре за счет обогащения белками – 11,6 % от уровня суточной потребности (СП) против 10,7 % в прототипе (см. табл. 2). Известно, что содержание белка в 100 г пищевого продукта более 7,5 г является высоким [18].

Установлено, что степень удовлетворения СП в ПНЖК при употреблении 100 г изделий на основе муки из ЭКС составляет 26,4 %, в ω -3 жирной кислоте – на 66,0 %, в ω -6 жирной кислоте – на 22,9 %. При употреблении 100 г

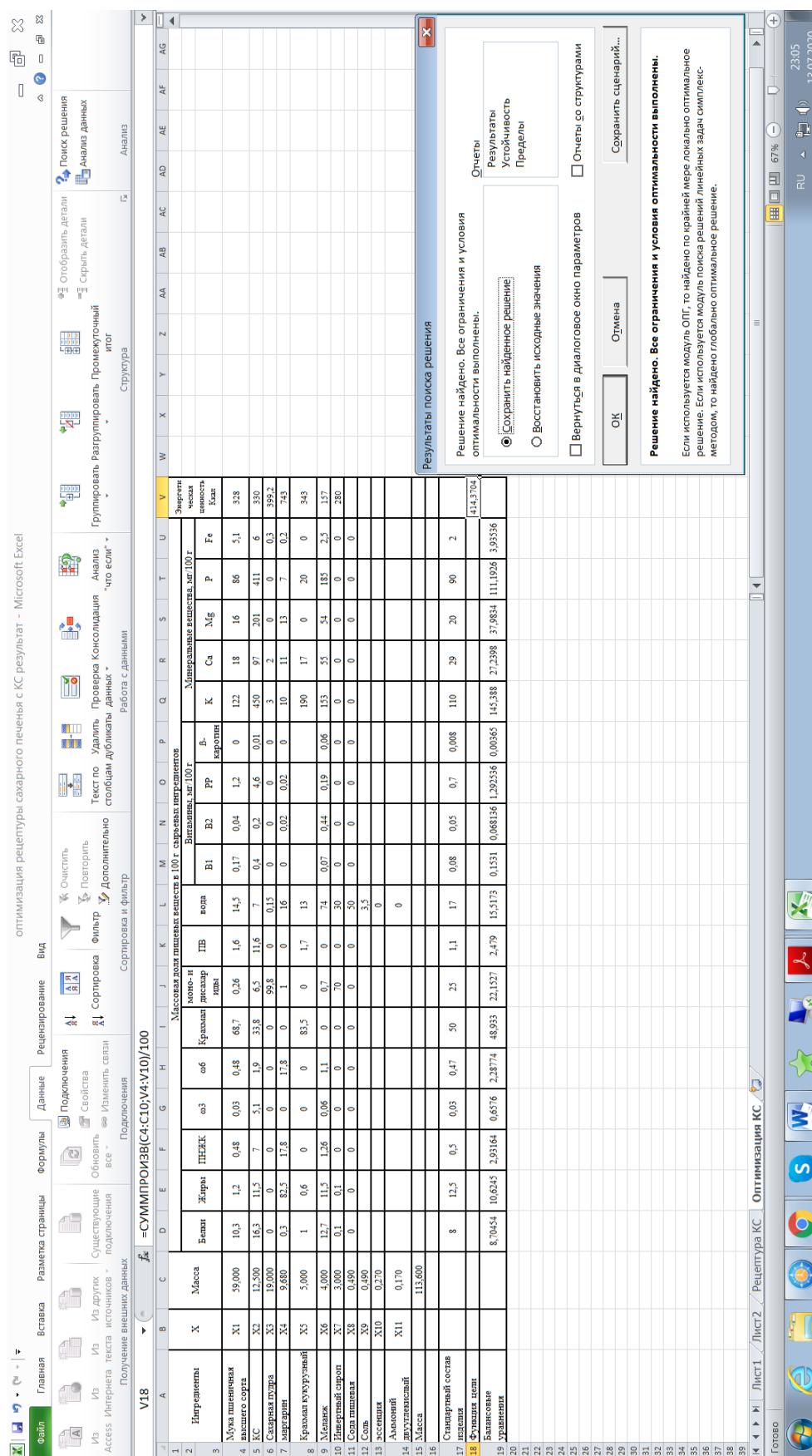


Рис. 2. Оптимизация рецептуры сахарного печенья с использованием программы Microsoft Excel с надстройкой «Поиск решения»

Таблица 1
Рецептура сахарного печенья с применением ЭКС зерна пшеницы и семян льна (г/100 г изделий)

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	На 100 г готовой продукции			
		Сахарное печенье (прототип)		Сахарное печенье (оптимизированная рецептура)	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная высшего сорта	85,50	66,34	56,70	59,00	50,45
ЭКС	93,00	0	0	12,50	11,63
Сахарная пудра	99,85	21,55	21,52	19,00	18,97
Маргарин	84,00	12,68	10,58	9,68	8,13
Крахмал кукурузный	87,00	4,91	4,27	5,00	4,35
Меланж	27,00	3,98	1,07	4,00	1,08
Инвертный сироп	70,00	2,98	2,09	3,00	2,10
Сода пищевая	50,00	0,49	0,25	0,49	0,25
Соль	96,50	0,49	0,47	0,49	0,47
Эссенция	0	0,27	0	0,27	0
Соль углеаммонийная	0	0,17	0	0,17	0
Итого		113,6	96,95	113,6	97,42
Выход	95,5	100,0	95,5	100,0	95,5

Таблица 2
Пищевая и энергетическая ценность сахарного печенья с применением экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян льна

Наименование пищевых веществ и энергетическая ценность	Рекомендуемый уровень суточного потребления [18, 19]	Сахарное печенье (прототип)		Сахарное печенье по оптимизированной рецептуре	
		содержание пищевых веществ в 100 г продукта	степень удовлетворения суточной потребности, %	содержание пищевых веществ в 100 г продукта	степень удовлетворения суточной потребности, %
Белки, г	75	8	10,7	8,7	11,6
Жиры, г	83	12,5	15,1	10,6	12,8
в т.ч., ПНЖК, г	11	0,5	4,5	2,9	26,4
ω -3 (α -линоленовая), г	1	0,03	3,0	0,66	66,0
ω -6 (линолевая), г	10	0,47	4,7	2,29	22,9
Усвояемые углеводы, г	365	75	20,5	71,1	19,5
в том числе, сахара, г	65	25	38,5	22,2	34,2
Пищевые волокна, г	20	1,1	5,5	1,48	7,4
Витамин В ₁ , мг	1,5	0,08	5,3	0,15	10,0
Витамин В ₂ , мг	1,8	0,05	2,8	0,07	3,9
Витамин РР, мг	20	0,7	3,5	1,29	6,5
β -каротин, мг	5	0,008	0,2	0,003	0,1
Калий, мг	3500	110	3,1	145,4	4,2
Кальций, мг	1000	29	2,9	27,24	2,7
Магний, мг	400	20	5,0	38	9,5
Фосфор, мг	800	90	11,3	111,2	13,9
Железо, мг	14	2	14,3	3,9	27,9
ЭЦ, кДж	10467	1861	17,8	1735	16,6
ЭЦ, ккал	2500	444,5	17,8	414,4	16,6

сахарного печенья по традиционной рецептуре степень удовлетворения СП в ПНЖК составляет лишь 4,5 %, в ω -3 жирной кислоте – 3 %, в ω -6 жирной кислоте – 4,7 %. В соответствии с ГОСТ Р 55577-2013 пищевой продукт является источником ω -3 жирных кислот при условии, если сумма ω -3 жирных кислот составляет не менее 0,4 г на 100 г продукта. Следовательно, изделия, изготовленные по оптимизированной рецептуре, являются источником высокого содержания ω -3 жирных кислот, так как содержат 0,66 г в 100 г продукта.

Степень удовлетворения СП в пищевых волокнах в изделиях по традиционной рецептуре (прототип) составляет 5,5 %, по оптимизированной рецептуре – 7,4 %. Следовательно, происходит обогащение изделий пищевыми волокнами. Кроме того, повышается степень удовлетворения СП в витаминах (В₁, В₂, РР) и минеральных веществах. Так, в магии степень удовлетворения СП составляет 9,5 % против 5,0 % в прототипе, в фосфоре – 13,9 % против 11,3 % в прототипе, в железе – 27,9 % против 14,3 % в прототипе.

Заключение

В результате проведенного исследования обоснована актуальность моделирования многокомпонентных мучных кондитерских изделий с заданным химическим составом, обогащенных функциональными пищевыми ингредиентами. Для повышения пищевой и понижения энергетической ценности предложена ЭКС зерна пшеницы и семян льна, в качестве источника моно- и дисахаридов, белка, липидов, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ.

На основе компьютерного моделирования разработана рецептура сахарного печенья пониженной энергетической ценности с применением ЭКС зерна пшеницы и семян льна и обогащенного белками, эссенциальными полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами.

Применение компьютерного моделирования рецептур мучных кондитерских изделий будет способствовать созданию продуктов питания с высоким уровнем сбалансирования нутриентов и обогащению суточных рационов.

Литература

1. *Воздействие питания и образа жизни на здоровье населения* / Д.В. Турчанинов, Е.А. Вильмс, Л.А. Боярская, М.С. Турчанинова //

Пищевая промышленность. – 2015.-- № 1. – <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-pitaniya-i-obraza-zhizni-na-zdorovie-naseleniya> (дата обращения: 25.07.2020).

2. *Сбалансированное питание как одна из составляющих здорового образа жизни* / О.Е. Кравченко, А.Ю. Крыловский, А.О. Тиканов и др. М.: Интернаука. – 2017. – № 1–1 (5). – С. 20–22.

3. *Пестова А.М. Влияние питания на организм* / А.М. Пестова, Т.Г. Коновалова // *Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития: сб. статей Международной научно-практической конференции*. – Оренбург, 2017. – Ч. 5. – С. 262.

4. *Микронутриенты в питании здорового и больного человека* / В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев, Б.П. Суханов, В.А. Кудашева. – М.: Колос, 2002. – 424 с.

5. *Технология экструзионных продуктов* / А.Н. Остриков, Г.О. Магомедов, Н.М. Дерканосова и др. – СПб.: Проспект науки, 2007. – 202 с.

6. *Чаплинский В.В. Разработка рецептур снековой продукции на основе использования отрубей пшеничных и черники* / В.В. Чаплинский, О.В. Исанина // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 26–31.

7. *Козубаева Л. Использование экструдата гречихи при производстве хлеба* / Л. Козубаева, С. Есин, А. Захарова // *Хлебопродукты*. – 2011. – № 6. – С. 49.

8. *Люнина Е.М. Разработка технологии экструзионной обработки ржаного солода и его использование в хлебопечении: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01* / Люнина Елена Михайловна. – М., 2006. – 25 с.

9. *Крылова В.Б. Научное обоснование и разработка технологии термопластической экструзии мясного и растительного сырья с целью расширения ассортимента мясopодуKтов: автореф. ... д-ра техн. наук: 05.18.04* / Крылова Валентина Борисовна. – М., 2006. – 46 с.

10. *Патент 2412986 Российская Федерация МПК7 C12C 12/00. Способ производства пива* / Г.В. Шабурова, Е.В. Тюрина, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, А.Б. Терентьев. – № 2008149378/10; заявл. 15.12.2008; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6. – 3 с.

11. *Воронина П.К. Формирование качества и товароведная характеристика пива и*

пивных напитков с использованием экструдированного ячменя: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.15 / Воронина Полина Константиновна. – Кемерово, 2015. – 16 с.

12. Инновации в пищевой экструзии: монография / А.А. Куручкин, П.К. Гарькина, Г.В. Шабурова, А.А. Блинохватов, Д.И. Фролов. – Пенза. РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.

13. Научные основы термовакуумной экструзии растительного сырья: монография / А.А. Куручкин, П.К. Гарькина, Г.В. Шабурова и др. – Уральск: Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, 2019. – 205 с.

14. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика: учеб. пособие / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2015. – 320 с.

15. Лисин П.А. Компьютерные технологии в производственных процессах пищевой промышленности / П.А. Лисин. – СПб.: ЛАНЬ, 2016. – 256 с.

16. Патент 198439 Российская Федерация МПК⁷ А23Р 30/20 (2016.01). Экструдер с вакуумной камерой / А.А. Куручкин, П.К. Гарькина, Г.В. Шабурова, М.А. Потапов, Н.Н. Шматкова, Е.А. Лукьянова. – № 2020110297; заявл. 10.03.2020; опубл. 9.07.2020, Бюл. № 19. – 3 с.

17. Пащенко Л.П. Использование семян льна для повышения биологической ценности хлебобулочных изделий / Л.П. Пащенко, Г.Г. Странадо, Н.Н. Булгакова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 4. – С. 82–85.

18. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. – М.: Дели принт, 2002. – 236 с.

19. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации (утв. Роспотребнадзором 18.12.2008). МР 2.3.1.2432 -08. Введены впервые 18.12.2008. – М. – 37 с.

Гарькина Полина Константиновна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» (г. Пенза), worolina89@mail.ru

Шабурова Галина Васильевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» (г. Пенза), shaburovs@mail.ru

Куручкин Анатолий Алексеевич, докт. техн. наук, профессор кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» (г. Пенза), anatolii_kuro@mail.ru

Поступила в редакцию 12 мая 2020 г.

DOI: 10.14529/food200307

COMPUTER MODELING OF RECIPE COMPOSITION OF REDUCED SUGAR COOKIES ENERGY VALUES

P.K. Garkina, G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin

Penza State Technological University, Penza, Russian Federation

The current scientific and applied direction in the food industry is the modeling of food recipes with given consumer properties. The article presents the results of the study of the possibility of applying the methods of mathematical modeling of the recipe composition of enriched flour confectionery products of reduced energy value based on an extruded composite mixture of wheat and flax seeds (ECS). Among flour confectionery products, a significant volume is occupied by sugar cookies, which are characterized by low nutritional and high energy value due to the high

content of animal fats and polysaccharides. One of the ways to implement the task of reducing calorie content and increasing the nutritional value of food products is replacing energy-intensive components in the formulation with low-calorie ones. In this regard, extruded vegetable raw materials with a high protein content, the content of polyunsaturated fatty acids, water-soluble substances can be a promising raw material resource in the development of recipes for sugar cookies, which allows, firstly, to reduce the content of energy-intensive raw materials in the recipe, and secondly, increasing nutritional value due to enrichment with functional food ingredients (minerals, vitamins, polyunsaturated fatty acids and dietary fiber). The design of multicomponent flour confectionery products contributes to the rational use of raw materials, the expansion of the range of fortified competitive food products with increased nutritional value. The aim of the study is to optimize, using the simplex method, the recipe composition of sugar cookies with the use of ECS according to the criterion of energy value minimization. As a result, an optimal recipe for sugar cookies was proposed and a vector for reducing the energy value by using the technological potential of the ECS of wheat and flax seeds was substantiated.

Keywords: biscuits, wheat grain, flax seeds, extruded mixture, simplex method.

References

1. Turchaninov D.V., Vil'ms E.A., Boyarskaya L.A., Turchaninova M.S. [Impact of food and lifestyle on the health of the population]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2015, no. 1. (in Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-pitaniya-i-obraza-zhizni-na-zdorovie-naseleniya> (accessed: 25.07.2020).
2. Kravchenko O.E., Krylovskiy A.Yu., Tikanov A.O., Gryazeva D.V., Lobygina N.M. *Sbalansirovannoe pitanie kak odna iz sostavlyayushchikh zdorovogo obraza zhizni* [Balanced nutrition as one of the components of a healthy lifestyle]. Moscow, 2017, no. 1–1 (5), pp. 20–22.
3. Pestova A.M., Konovalova T.G. [The influence of nutrition on the bod]. *Nauka v sovremennoy obshchestve: zakonomernosti i tendentsii razvitiya* [Science in Modern Society: Patterns and Development Trends]. Orenburg, 2017, pt. 5, p. 262. (in Russ.)
4. Tutel'yan V.A., Spirichev V.B., Sukhanov B.P., Kudasheva V.A. *Mikronutrienty v pitanii zdorovogo i bol'nogo cheloveka* [Micronutrients in the nutrition of a healthy and sick person]. Moscow, 2002. 424 p.
5. Ostrikov A.N., Magomedov G.O., Derkanosova N.M., Vasilenko V.N., Abramov O.V., Platov K.V. *Tekhnologiya ekstruzionnykh produktov* [Technology of extrusion products]. St. Petersburg, 2007. 202 p.
6. Chaplinsky V.V., Isanina O.V. Development of formula for snack products based on the use of wheat bran and blueberry. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology* 2013, vol. 1, no. 1, pp. 26–21. (in Russ.)
7. Kozubaeva L., Esin S., Zakharova A. [Use of buckwheat extrudate in the production of bread]. *Khleboprodukty*, 2011, no. 6, p. 49. (in Russ.)
8. Lyunina E.M. *Razrabotka tekhnologii ekstruzionnoy obrabotki rzhanogo soloda i ego ispol'zovanie v khlebopechenii* [Development of technology for extrusion processing of rye malt and its use in bakery: author. dis. ... Cand. tech. Sciences]. Moscow, 2006. 25 p.
9. Krylova V.B. *Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologii termoplasticheskoy ekstruzii myasnogo i rastitel'nogo syr'ya s tsel'yu rasshireniya assortimenta myasoproduktov* [Scientific substantiation and development of technology for thermo-plastic extrusion of meat and vegetable raw materials in order to expand the range of meat products: author. ... Dr. Tech. Sciences]. Moscow, 2006. 46 p.
10. *Patent 2412986 Rossiyskaya Federatsiya MPK7 S12S 12/00. Sposob proizvodstva piva* [Patent 2412986 Russian Federation MPK7 S12S 12/00. Method of beer production]. G.V. Shaburova, E.V. Tyurin, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, A.B. Terentyev. No. 2008149378/10; declared 12/15/2008; publ. 02/27/2011, Bul. No. 6. 3 p.
11. Voronina P.K. *Formirovanie kachestva i tovarovednaya kharakteristika piva i pivnykh napitkov s ispol'zovaniem ekstrudirovannogo yachmenya* [Formation of quality and merchandising characteristics of beer and beer drinks using extruded barley]. Kemerovo, 2015. 16 p.

12. Kurochkin A.A., Gar'kina P.K., Shaburova G.V., Blinokhvatov A.A., Frolov D.I. *Innovatsii v pishchevoy ekstruzii* [Innovations in food extrusion]. Penza, 2018. 247 p.
13. Kurochkin A.A., Gar'kina P.K., Shaburova G.V. et al. *Nauchnye osnovy termovakuumnoy ekstruzii rastitel'nogo syr'ya* [Scientific foundations of thermal vacuum extrusion of plant raw materials]. Ural'sk, 2019. 205 p.
14. Krasulya O.N., Nikolaeva S.V., Tokarev A.V. et al. *Modelirovanie retseptur pishchevykh produktov i tekhnologii ikh proizvodstva: teoriya i praktika* [Modeling of recipes of food products and technologies of their production: theory and practice]. St. Petersburg, 2015. 320 p.
15. Lisin P.A. *Komp'yuternye tekhnologii v proizvodstvennykh pro-tsessakh pishchevoy promyshlennosti* [Computer technologies in industrial processes of food industry]. St. Petersburg, 2016. 256 p.
16. *Patent 198439 Rossiyskaya Federatsiya MPK7 A23P 30/20 (2016.01). Ekstruder s vakuumnoy kameroy* [Patent 198439 Russian Federation MPK7 A23P 30/20 (2016.01). Extruder with a vacuum chamber]. A.A. Kurochkin, P.K. Gar'kina, G.V. Shaburova, M.A. Potapov, N.N. Shmatkova, E.A. Luk'yanova. No. 2020110297; declared 03/10/2020; publ. 07/09/2020, Bul. No. 19. 3 p.
17. Pashchenko L.P., Stranado G.G., Bulgakova N.N. [The use of flax seeds to increase the biological value of bakery products]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2003, no. 4, pp. 82–85. (in Russ.)
18. Skurikhin I.M., Tutel'yan V.A. (Eds.) *Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov* [The chemical composition of Russian food products]. Moscow, 2002. 236 p.
19. *Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii* [Norms of physiological needs for energy and food substances for various groups of the population of the Russian Federation] (approved by Rospo-Trebnadzor on 12/18/2008). MR 2.3.1.2432 -08. Introduced for the first time on 12/18/2008. Moscow, 37 p.

Polina K. Garkina, Department of Food Production, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, Penza State Technological University, Penza, worolina89@mail.ru

Galina V. Shaburova, Department of Food Production, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, Penza State Technological University, Penza, shaburovs@mail.ru

Anatoliy A. Kurochkin, Department of Food Production, Dr. of Tech. Sci., Professor, Penza State Technological University, Penza, anatolii_kuro@mail.ru

Received May 12, 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Гарькина, П.К. Компьютерное моделирование рецептурного состава сахарного печенья пониженной энергетической ценности / П.К. Гарькина, Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 56–65. DOI: 10.14529/food200307

FOR CITATION

Garkina P.K., Shaburova G.V., Kurochkin A.A. Computer Modeling of Recipe Composition of Reduced Sugar Cookies Energy Values. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 56–65. (in Russ.) DOI: 10.14529/food200307