

## Разработка оптимизированной рецептуры булочных изделий

### **Полина Константиновна Гарькина**

кандидат технических наук, доцент  
Пензенский государственный технологический университет  
Пенза, Россия  
worolina89@mail.ru  
ORCID 0000-0001-9496-8423

### **Анатолий Алексеевич Курочкин**

кандидат технических наук, профессор  
Пензенский государственный технологический университет  
Пенза, Россия  
anatolii\_kuro@mail.ru  
ORCID 0000-0002-3824-4364

### **Наталья Николаевна Соколова**

исследователь  
Российский биотехнологический университет  
Москва, Россия  
n.shmatkova2014@list.ru  
ORCID 0009-0003-8816-8261

УДК 664.6.03  
EDN EDJSWS  
BAK 4.3.3. Пищевые системы (технические науки)  
OECD 04.01.AN AGRICULTURE, MULTIDISCIPLINARY

Поступила в редакцию 27.03.2023

Принята 01.04.2023

Опубликована 15.05.2023

### **Аннотация**

Разработка рецептур обогащенных, функциональных и специализированных пищевых продуктов систематического потребления является актуальным и перспективным направлением. Оптимизация рецептур пищевых продуктов способствует эффективному применению сырьевых ресурсов, расширению ассортимента обогащенных продуктов питания и регулированию их энергетической ценности. Цель исследования – оптимизация рецептурного состава мучных компонентов булочных изделий с применением экструдированной композитной смеси. Оптимизацию рецептурного состава мучных компонентов булочного изделия осуществляли с использованием табличного процессора Excel, с надстройкой «Поиск решения» с использованием симплекс-метода по критерию минимизации энергетической ценности. Объектом оптимизации являлась рецептура булочного изделия с применением муки из экструдированной композитной смеси зерна пшеницы и семян расторопши взамен эквивалентного количества сухих веществ муки пшеничной (МП). В качестве прототипа принята рецептура плетенки из МП высшего сорта. Изложен последовательный процесс оптимизации рецептурного состава мучных компонентов. Приведены результаты применения методов математического моделирования рецептурного состава мучных компонентов обогащенных булочных изделий на основе экструдированной композитной смеси, являющейся источником функциональных пищевых ингредиентов. Методом линейного программирования оптимизирован рецептурный состав мучных компонентов булочного изделия, обогащенного полиненасыщенными жирными кислотами,

пищевыми волокнами, минеральными веществами (кальцием, магнием, фосфором) и витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР.

### **Ключевые слова**

оптимизация, линейное программирование, обогащение, пшеница, расторопша, экструдированная смесь, пищевая ценность, рецептура.

### **Введение**

В Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 29.06.2016 N 1364-р среди приоритетных задач предусматривается создание рецептур, и составов и инновационных технологических приемов для сохранения и повышения качества пищевой продукции. Поиск, обоснование и практическое применение нетрадиционных сырьевых ресурсов являются базой для реализации указанных задач и актуальным вектором при разработке ассортимента обогащенной, функциональной и специализированной продукции. Научный интерес представляет разработка рецептур продуктов питания систематического потребления на основе обработки сырья термопластической экструзией (Остриков, 2007; Бахчевников, Брагинец, 2020) и термовакуумным воздействием (Воронина, 2014; Курочкин, 2017). Целесообразно оптимизацию рецептурных компонентов осуществлять с помощью надстройки MS Excel «Поиск решения», позволяющей оптимизировать рецептуры продуктов питания с заданными показателями химического состава с помощью линейного программирования (симплекс-метода), с учетом вводимых технологических ограничений (Красуля, 2015; Лисин, 2016; Лисин, 2014). Методы линейного программирования широко применяются при оптимизации рецептурных составов молочных, мясных, продуктов детского питания с заданным химическим составом (Ларионова, 2017; Макарова, 2011). Оптимизация рецептур мучных изделий на основе линейного программирования, как свидетельствует анализ научных источников, применяется значительно реже в сравнении с оптимизацией рецептур молочных и мясных продуктов (Надточий, 2020; Лисин, 2021; Березина, 2016; Блинникова, 2017).

Целью исследований является оптимизация рецептурного состава мучных компонентов булочного изделия «Плетенка» с применением экструдированной композитной смеси (ЭКС) пшеницы и расторопши.

### **Материалы и методы исследования**

В качестве объекта исследования принята рецептура булочного изделия «Плетенка» из муки пшеничной (МП) высшего сорта, выработанная по нормативной рецептуре (контроль), и плетенка с применением муки из экструдированной композитной смеси (ЭКС) пшеницы и расторопши. Выбор состава экструдированной композитной смеси (ЭКС) пшеницы и расторопши обусловлен эффективным термовакуумным воздействием, способствующим модификации крахмала и белка, повышению технологического потенциала растительного сырья. Расторопша пятнистая богата полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), представленными эссенциальной  $\alpha$ -линоленовой ( $\omega$ -3) и линолевой ( $\omega$ -6) кислотой, участвующими в синтезе тканевых гормонов, имеющих значение в регуляции функций организма. Расторопша характеризуется высоким уровнем пищевых волокон (20-25 %), содержанием белка (18-22 %), витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, кальцием, магнием, фосфором (Куркин, 2003). Предполагалось, что применение муки из ЭКС взамен части муки пшеничной позволит обогатить булочное изделие функциональными пищевыми ингредиентами (ФПИ).

Соотношение зерна пшеницы и семян расторопши в ЭКС принято 3:1 на основании результатов предварительных исследований. Установлено рациональное соотношение, при котором содержание жира в смеси не превышало 10 % (Курочкин, 2016; Курочкин, 2014).

Экструдированную композитную смесь получали путем совместной обработки в экструдере, снабженном вакуумной камерой, семян расторопши пятнистой влажностью 22-24% и зерна пшеницы влажностью 14-15%. Продолжительность обработки составляла 10-15 с, температура продукта достигала 100-105°C. Особенностью обработки является воздействие на продукт, выходящий из

матрицы экструдера, пониженного давления, (0,05-0,06 МПа). В результате влажность экструдата в наших экспериментах составляет 6,8 %.

Термовакuumная обработка смеси растительного сырья, богатого крахмалом, и липидсодержащего сырья представляет собой инновационную ступень в получении продуктов экструдирования и дальнейшего их использования в производстве обогащенных, функциональных и специализированных продуктов питания (Курочкин, 201).

Следует отметить, что экструзионная обработка приводит к значительным изменениям структуры биополимеров растительного сырья, улучшению их вкусовых качеств, к стерилизации и обеззараживанию. В результате, полученный продукт пригоден к использованию в качестве источника ФПИ при производстве продуктов питания (Курочкин, 2017).

Полученную ЭКС измельчали на лабораторной мельнице ЛМТ-1, составляли модельные смеси с МП и определяли ориентировочные рациональные дозировки ЭКС взамен МП в количестве 4, 6, 8, 10 и 12 % по сухим веществам в связи с влажностью пшеничной муки 14,5 % и влажностью экструдированной композитной смеси (ЭКС) пшеницы и раторопши 6,8 %. Установлено, что получение булочных изделий с высокими органолептическими показателями возможно при рациональных дозировках экструдированной композитной смеси (ЭКС) пшеницы и раторопши в количестве 6, 8 и 10 % по сухим веществам к общей массе мучной смеси.

Оптимизация состава мучных компонентов рецептуры булочного изделия «Плетенка» реализована с помощью компьютерного моделирования, основанного на линейном программировании.

Неизменной принята в рецептуре дозировка сахара, соли, дрожжей и маргарина. Варьированию подвергали дозировки компонентов мучной смеси. Оптимизационную задачу решали с учетом химического, витаминного и минерального состава. За целевую функцию принята минимальная энергетическая ценность.

Органолептическую оценку осуществляли согласно общепринятым методикам.

Наименование компонентов рецептуры	X	Массовая доля компонента рецептуры, %	Массовая доля нутриентов, % СВ							Массовая доля нутриентов мг%СВ						Энергетическая ценность, ккал	
			Белки	Жиры	ПНЖК	ω-3	ω-6	Моно- и дисахариды	Крахмал	Пищевые волокна	Кальций	Магний	фосфор	витамин В1	витамин В2		витамин РР
Мука пшеничная высшего сорта	X1	0,000	12,00	120	0,60	0,04	0,56	0,35	80,38	0,12	24,00	22,00	100,00	0,20	0,05	1,40	382
ЭКС	X2	0,000	15,70	8,00	6,70	0,05	6,65	12,90	36,80	8,60	295,00	203,00	449,00	0,59	0,27	5,44	334
Сахар белый	X3	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	400
Соль	X4	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	502,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	X5	0,000	50,80	10,80	1,68	0,44	1,20	34,00	0,00	0,00	108,00	204,00	1600,00	2,40	2,72	45,60	436
маргарин	X6	0,000	0,60	97,58	2,18	0,00	2,18	1,19	0,00	0,00	13,09	1,19	8,33	0,00	0,02	0,00	1071
Итого:		0,000															
Состав 100 г СВ рецептурных ингредиентов протопила			10,90	3,23	0,99	0,03	0,97	4,53	72,06	0,14	29,73	2124	93,44	0,19	0,05	1,37	379
Функция цели, ккал																	0
Ввод балансовых уравнений (заданный состав 100 г СВ РИ)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Рисунок 1. Матрица данных для оптимизации мучных компонентов рецептуры булочных изделий с применением ЭКС (% на СВ)

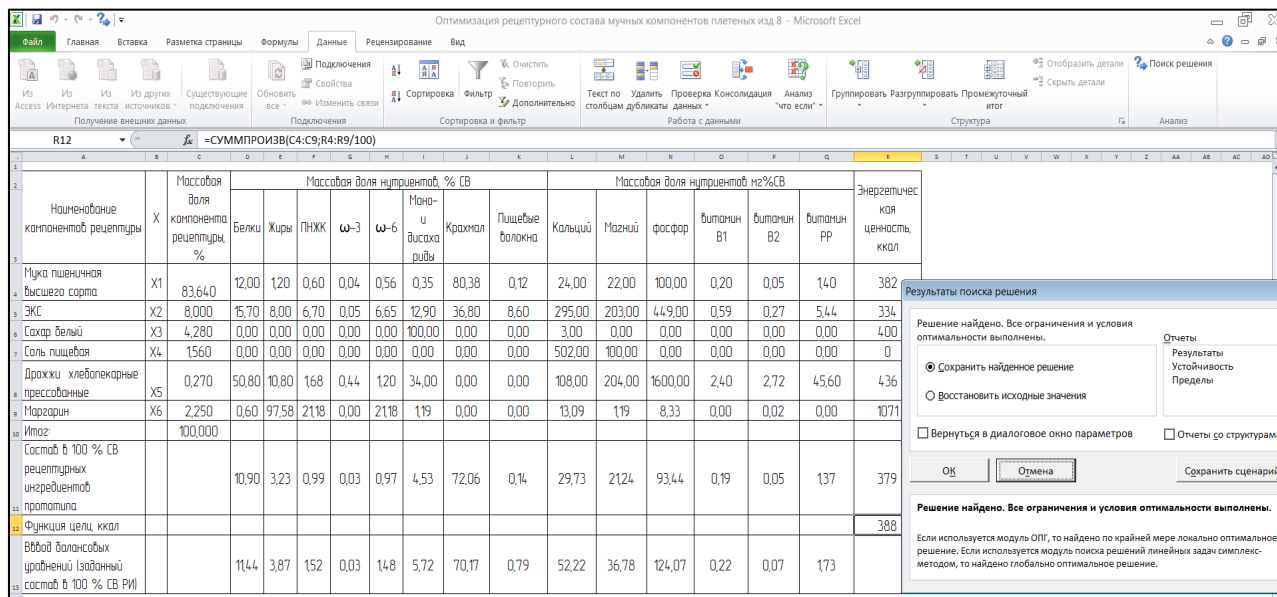


Рисунок 2. Оптимизация рецептурного состава мучных компонентов рецептуры плетенки с применением ЭКС в программе Microsoft Excel с надстройкой «Поиск решения»

### Результаты и обсуждение

Результаты предварительных исследований свидетельствуют о возможности замены МП на муку из ЭКС рациональных дозировках 6, 8 и 10 % и получении булочных изделий с высокими показателями качества.

В соответствии с методологией проектирования (Надточий, 2020; Лисин, 2021) составлены следующие блоки: база данных (ингредиенты, химический состав, стандартный состав плетенки); балансовые уравнения по химическому составу; технологические ограничения; выбор функции цели. Далее, в компьютерной математической системе, реализовано решение линейных балансовых уравнений и неравенств. На основе результатов оптимизации рецептуры плетенки произведена ее апробация.

На рисунке 1 приведена информационная база данных химического состава компонентов рецептуры в расчете на сухие вещества (Скурихин, 2002) (для более полной информации см. Приложение А).

В таблице 1 приведена система линейных балансовых уравнений, составленных на основе базы данных, и решаемых в компьютерной математической системе

Таблица 1. Система линейных балансовых уравнений оптимизации состава рецептурных ингредиентов булочных изделий «Плетенка» в расчете на сухие вещества

Наименование показателей	Уравнения и ограничения
Белок	$0,120X1 + 0,157X2 + 0,000X3 + 0,000X4 + 0,50X5 + 0,006X6 \geq 10,90$
Жир	$0,012X1 + 0,08X2 + 0,000X3 + 0,000X4 + 0,108X5 + 0,9758X6 \geq 3,23$
ПНЖК	$0,006X1 + 0,067X2 + 0,000X3 + 0,000X4 + 0,0168X5 + 0,212X6 \geq 0,99$
$\omega$ -3	$0,0004X1 + 0,0005X2 + 0,000X3 + 0,000X4 + 0,0044X5 + 0,00X6 \geq 0,03$
$\omega$ -6	$0,0056X1 + 0,0665X2 + 0,000X3 + 0,000X4 + 0,0012X5 + 0,212X6 \geq 0,97$
Моно- и дисахариды	$0,0035X1 + 0,129X2 + 1,0X3 + 0,00X4 + 0,34X5 + 0,00119X6 \geq 4,53$
Крахмал	$0,8038X1 + 0,3680X2 + 0,000X3 + 0,000X4 + 0,000X5 + 0,000X6 \leq 72,06$
Пищевые волокна	$0,0012X1 + 0,086X2 + 0,000X3 + 0,000X4 + 0,000X5 + 0,00X6 \geq 0,14$
Кальций	$0,24X1 + 2,95X2 + 0,03X3 + 5,02X4 + 1,08X5 + 0,131X6 \geq 29,73$
Магний	$0,22X1 + 2,03X2 + 0,00X3 + 1,00X4 + 2,04X5 + 0,00119X6 \geq 21,24$

Фосфор	$1,00X_1 + 4,49X_2 + 0,00X_3 + 0,00X_4 + 16,00X_5 + 0,0833X_6 \geq 93,44$
Витамин В <sub>1</sub>	$0,0020X_1 + 0,0059X_2 + 0,000X_3 + 0,000X_4 + 0,024X_5 + 0,00X_6 \geq 0,19$
Витамин В <sub>2</sub>	$0,0005X_1 + 0,0027X_2 + 0,000X_3 + 0,000X_4 + 0,0272X_5 + 0,0002X_6 \geq 0,05$
Витамин РР	$0,014X_1 + 0,05X_2 + 0,000X_3 + 0,000X_4 + 0,456X_5 + 0,00X_6 \geq 1,37$
Постоянные величины	$X_3 = 4,28; X_4 = 1,56; X_5 = 0,27; X_6 = 2,25$
Масса ингредиентов	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 100,0$
Энергетическая ценность	$3,81X_1 + 3,29X_2 + 3,99X_3 + 0X_4 + 4,36X_5 + 10,71X_6 \rightarrow \min$

На рисунке 2 представлены результаты оптимизации рецептуры булочного изделия с заданными параметрами, полученные с помощью надстройки «Поиск решения». Массовая доля ингредиентов рецептуры приведены в процентах сухих веществ (для более полной информации см. Приложение Б).

Цель оптимизации рецептурного состава мучных компонентов плетенки с применением муки из ЭКС достигнута.

В результате определена оптимальная замена МП на муку ЭКС в количестве 8,7 % к общей массе муки по сухим веществам.

Массовая доля белка расчетного состава плетенки в соответствии с оптимизированной рецептурой составляет 11,44 %, что на 5 % выше, чем расчетная массовая доля белка прототипа. Массовая доля жира в оптимизированной рецептуре в сравнении с нормативной выше на 18,9 %, что позволяет считать возможным снижение маргарина в нормативной рецептуре.

Применение муки из ЭКС в соответствии с результатами компьютерного моделирования способствовало обогащению проектируемого рецептурного состава плетенки полиненасыщенной линолевой ( $\omega$ -6) жирной кислотой. Массовая доля жирной кислоты в проектируемой рецептуре в 1,5 раза выше в сравнении с прототипом (контроль). Массовая доля  $\alpha$ -линоленовой ( $\omega$ -3) жирной кислоты находится на уровне прототипа, что обусловлено, очевидно, ее низким содержанием в ЭКС.

Массовая доля моно- и дисахаридов в оптимизированной рецептуре повысилась на 26 % в оптимизированном рецептурном составе в сравнении с прототипом, что предполагает возможность снижения сахара в рецептуре.

Массовая доля крахмала в оптимизированном рецептурном составе булочных изделий снизилась на 2,7 %, что обусловлено термовакуумным воздействием на крахмальные зерна (Курочкин А.А., 2017, с. 163).

Применение муки из ЭКС приводит к повышению массовой доли пищевых волокон в составе проектируемой рецептуры в 4,9 раза.

Применение муки из ЭКС способствует улучшению минерального и витаминного комплекса. Массовая доля кальция в оптимизированной рецептуре повысилась на 70 %, магния – на 67,9 %, фосфора – на 30,2 %.

Массовая доля витамина В<sub>1</sub> в соответствии с оптимизированной рецептурой в сравнении с нормативной рецептурой повысилась на 15,8 %, витамина В<sub>2</sub> – на 40,0 %, витамина РР – на 26,3 %.

В таблице 2 приведена рецептура булочного изделия с применением муки из ЭКС в соответствии с результатами компьютерного проектирования.

Оптимизированный рецептурный состав мучных компонентов булочного изделия «Плетенка» апробирован в лабораторных условиях. Установлено, что по органолептическим показателям (форма, поверхность, состояние мякиша, вкус, запах) образцы с заменой пшеничной муки на муку из ЭКС в количестве 8,7 % к общей массе мучных компонентов по сухим веществам, не уступали образцам прототипа, и соответствовали требованиям ГОСТ 26987-86.

Таблица 2. Рецепттура булочного изделия «Плетенка» с заменой пшеничной муки на муку из ЭКС в количестве 8,7 % к общей массе мучных компонентов по сухим веществам

Наименование компонентов рецептуры	Массовая доля сухих веществ, %	Нормативная рецептура плетенки (контроль)		Оптимизированная рецептура плетенки (опыт)	
		В натуре	СВ	В натуре	СВ
Мука пшеничная высшего сорта, г	85,50	100,00	85,50	9 1,27	78,0 4
Мука из ЭКС, г	93,20	0,00	0,00	8, 01	7,46
Сахар белый кристаллический, г	99,85	4,00	3,99	4, 00	3,99
Соль пищевая, г	96,80	1,50	1,45	1, 50	1,45
Дрожжи хлебопекарные прессованные, г	25,00	1,00	0,25	1, 01	0,25
Маргарин столовый	84,00	2,50	2,10	2, 50	2,10
Итого масса РИ, г		109,0	93,30	1 08,28	93,3 0
Вода, г		по расчету, с учетом влажности теста не более 42 %			

### Заключение

Таким образом, установлена целесообразность замены части пшеничной муки на муку из ЭКС в рецептуре плетенки, что способствует повышению пищевой ценности булочного изделия.

Применена методика компьютерного моделирования рецептуры булочных изделий «Плетенка» путем линейного программирования с применением математической системы надстройки MS Excel «Поиск решения». В результате спроектирована рецептура булочного изделия с пониженной энергетической ценностью и обогащенного эссенциальными полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами с применением муки из ЭКС. Компьютерное проектирование позволило установить оптимальное соотношение мучных компонентов. Оптимальной заменой пшеничной муки является мука из экструдированной композитной смеси (ЭКС) пшеницы и раторопши в количестве 8,7 % к общей массе мучных компонентов по сухим веществам. Применение компьютерного моделирования рецептур хлебобулочных изделий способствует разработке новых пищевых продуктов с заданными свойствами.

### Список литературы

1. Бахчевников О.Н., Брагинец С.В. Экструдирование растительного сырья для продуктов питания // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 4. С. 690-706.
2. Березина Н.А. Моделирование состава поликомпонентных мучных смесей с заданными показателями пищевой адекватности // Научный журнал национально исследовательского университета ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. № 3. С. 17-23.
3. Блинникова О.М., Елисеева Л.Г. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов с заданными свойствами на основе ягодного сырья Центрально-Черноземного региона // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 5(19). С. 81-88.
4. Воронина П.К. Практические перспективы термопластической экструзии в технологии напитков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6(22). С. 85-88.

5. Лисин П.А. Практическое руководство по проектированию продуктов питания с применением Excel, MathCAD, Maple. СПб.: Лань, 2021. 240 с.
6. Куркин В.А. Расторопша пятнистая – источник лекарственных средств (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. № 4. С. 27-41.
7. Курочкин А.А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 3(42). С. 104-111.
8. Курочкин А.А. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья с заданной пористостью // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 06 (22). С. 109–104.
9. Курочкин А.А. Научные основы термовакуумной экструзии растительного сырья // Уральск: Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, 2019. С. 205.
10. Курочкин А.А., Воронина П.К., Шабурова Г.В. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов. Москва: Издательский Дом «Инфра-М», 2017. 163 с.
11. Красуля О.Н. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. СПб.: ГИОРД, 2015. 320 с.
12. Лисин П.А. Компьютерные технологии в производственных процессах пищевой промышленности. СПб.: Лань, 2016. 256 с.
13. Лисин П.А., Мартемьянова Л.Е., Савельева Ю.С. Моделирование рецептурной смеси многокомпонентных мясных продуктов с применением симплекс-метода // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2014. № 1(13). С. 73-76.
14. Ларионова Е.И., Козубаева Л.А., Ларионова И.А. Оптимизация рецептуры сахарного печенья с красной и черноплодной рябиной // Ползуновский вестник. 2017. № 2. С. 37-40.
15. Макарова О.В., Лисин П.А., Пасько О.В. Молочно-солодовый продукт для детей школьного возраста // Молочная промышленность. 2011. № 5. С. 73-74.
16. Надточий Л.А., Четчикова А.Ю., Лепешкин А.И. Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами: Учеб.-метод. пособие. СПб. Университет ИТМО. 2020. 46 с.
17. Остриков А.Н. Технология экструзионных продуктов. СПб.: Проспект науки, 2007. 202 с.
18. Способ производства хлебобулочных изделий: пат. 2579488 Рос. Федерация № 2014146596/13; заявл. 19.11.2014; опубл.10.04.2016, Бюл. № 10. 8 с.
19. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник, под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

### Development of an optimized recipe for bakery products

#### **Polina K. Garkina**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Penza State Technological University  
Penza, Russia  
worolina89@mail.ru  
ORCID 0000-0001-9496-8423

#### **Anatoly A. Kurochkin**

Candidate of Technical Sciences, Professor  
Penza State Technological University  
Penza, Russia  
anatolii\_kuro@mail.ru  
ORCID 0000-0002-3824-4364

**Natalia N. Sokolova**

researcher

Russian University of Biotechnology

Moscow, Russia

n.shmatkova2014@list.ru

ORCID 0009-0003-8816-8261

UDC 664.6.03

EDN EDJSWS

VAK 4.3.3. Food systems (engineering sciences)

OECD 04.01.AH AGRICULTURE, MULTIDISCIPLINARY

Received 27.03.2023

Accepted 01.04.2023

Published 15.05.2023

**Annotation**

The development of recipes for enriched, functional and specialized food products for systematic consumption is an urgent and promising direction. Optimization of food formulations contributes to the efficient use of raw materials, the expansion of the range of fortified foods and the regulation of their energy value. The purpose of the study is to optimize the recipe composition of flour components of bakery products using an extruded composite mixture. Optimization of the recipe composition of the flour components of the bakery product was carried out using an Excel spreadsheet processor, with the add-on "Search for a solution" using the simplex method according to the criterion of minimizing energy value. The object of optimization was the recipe of a bakery product using flour from an extruded composite mixture of wheat grain and milk thistle seeds instead of an equivalent amount of dry matter of wheat flour (MP). As a prototype, the recipe for braiding from premium MP was adopted. A consistent process of optimizing the recipe composition of flour components is outlined. The results of applying the methods of mathematical modeling of the recipe composition of flour components of enriched bakery products based on an extruded composite mixture, which is a source of functional food ingredients, are presented. Using the linear programming method, the recipe composition of flour components of a bakery product enriched with polyunsaturated fatty acids, dietary fiber, minerals (calcium, magnesium, phosphorus) and vitamins B1, B2 and PP is optimized.

**Keywords**

optimization, linear programming, enrichment, wheat, milk thistle, extruded mixture, nutritional value, recipe.

**References**

1. Bahchevnikov O.N., Braginec S.V. Ekstrudirovanie rastitel'nogo syr'ya dlya produktov pitaniya // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*. 2020. T. 50. № 4. S. 690-706.
2. Berezina N.A. Modelirovanie sostava polikomponentnyh muchnyh smesey s zadannymi pokazatelyami pishchevoj adekvatnosti // *Nauchnyj zhurnal nacional'no issledovatel'skogo universiteta ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv*. 2016. № 3. S. 17-23.
3. Blinnikova O.M., Eliseeva L.G. Proektirovanie polikomponentnyh pishchevyh produktov s zadannymi svojstvami na osnove yagodnogo syr'ya Central'no-CHernozemnogo regiona // *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2017. № 5(19). S. 81-88.
4. Voronina P.K. Prakticheskie perspektivy termoplasticheskoy ekstruzii v tekhnologii napitkov // *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*. 2014. № 6(22). S. 85-88.
5. Lisin P.A. Prakticheskoe rukovodstvo po proektirovaniyu produktov pitaniya s primeneniem Excel, MathCAD, Maple. SPb.: Lan', 2021. 240 s.



6. Kurkin V.A. Rastoropsha pyatnistaya – istochnik lekarstvennyh sredstv (obzor) // Himiko-farmaceuticheskij zhurnal. 2003. T. 37. № 4. S. 27-41.
7. Kurochkin A.A. Ekstrudaty iz rastitel'nogo syr'ya s povyshennym soderzhanie lipidov i pishchevyh volokon // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. 2016. № 3(42). S. 104-111.
8. Kurochkin A.A. Poluchenie ekstrudatov krahmalsoderzhashchego zernovogo syr'ya s zadannoj poristost'yu // HKHI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. 2014. № 06 (22). S. 109–104.
9. Kurochkin A.A. Nauchnye osnovy termovakuumnoj ekstruzii rastitel'nogo syr'ya // Ural'sk: Zapadno-Kazahstanskij agrarno-tekhnicheskij universitet imeni ZHangir hana, 2019. S. 205.
10. Kurochkin A.A., Voronina P.K., SHaburova G.V. Teoreticheskoe obosnovanie primeneniya ekstrudirovannogo syr'ya v tekhnologiyah pishchevyh produktov. Moskva: Izdatel'skij Dom «Infra-M», 2017. 163 s.
11. Krasulya O.N. Modelirovanie receptur pishchevyh produktov i tekhnologij ih proizvodstva: teoriya i praktika. SPb.: GIORD, 2015. 320 s.
12. Lisin P.A. Komp'yuternye tekhnologii v proizvodstvennyh processah pishchevoj promyshlennosti. SPb.: Lan', 2016. 256 s.
13. Lisin P.A., Martem'yanova L.E., Savel'eva YU.S. Modelirovanie recepturnoj smesi mnogokomponentnyh myasnyh produktov s primeneniem simpleks-metoda // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 1(13). S. 73-76.
14. Larionova E.I., Kozubaeva L.A., Larionova I.A. Optimizaciya receptury saharnogo pechen'ya s krasnoj i chernoplodnoj ryabinoj // Polzunovskij vestnik. 2017. № 2. S. 37-40.
15. Makarova O.V., Lisin P.A., Pas'ko O.V. Molochno-solodovyj produkt dlya detej shkol'nogo vozrasta // Molochnaya promyshlennost'. 2011. № 5. S. 73-74.
16. Nadtochij L.A., CHEchetkina A.YU., Lepeshkin A.I. Proektirovanie sostava produktov pitaniya s zadannymi svojstvami: Ucheb.-metod. posobie. SPb. Universitet ITMO. 2020. 46 s.
17. Ostrikov A.N. Tekhnologiya ekstruzionnyh produktov. SPb.: Prospekt nauki, 2007. 202 s.
18. Sposob proizvodstva hlebobulochnnyh izdelij: pat. 2579488 Ros. Federaciya № 2014146596/13; zayavl. 19.11.2014; opubl.10.04.2016, Byul. № 10. 8 s.
19. Himicheskij sostav rossijskih pishchevyh produktov: Spravochnik, pod red. chlen-korr. MAI, prof. I.M. Skurikhina i akademika RAMN, prof. V.A. Tutel'jana. M.: DeLi print, 2002. 236 s.