УДК 637.52

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОЙ МУЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПОЛИКОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МЯСОПРОДУКТОВ

Н.П. Оботурова, Л.И. Барыбина, В.В. Масалова*, А.Н. Гежина

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

**e-mail: leravkan@rambler.ru*

Дата поступления в редакцию: 23.08.2016
Дата принятия в печать: 12.10.2016

На сегодняшний день, как показывает проведенный скрининг литературных данных, большинство существующих рецептур безглютеновых продуктов питания отличает неудовлетворительное качество по органолептическим, реологическим и биологическим свойствам выпускаемых пищевых изделий. С учетом основных технологических принципов по разработке и совершенствованию технологии производства новых видов пищевой продукции авторами в статье приведена практическая возможность повышения основных органолептических и структурно-механических свойств модельных тестовых систем путем целенаправленного комбинирования сырья с разным химическим составом и функционально-технологическими свойствами. Приведенный процесс оптимизации рецептурного состава безглютеновой смеси по заданным критериям осуществлялся с использованием современных прикладных программ для обработки экспериментальных данных – Statgraphics Centurion 16.1.11 и Statistica 10.0 и позволил определить состав мучной композиции для производства пельменного теста. В ходе планирования и реализации экспериментальных исследований было установлено, что наилучшим соотношением компонентов можно считать использование: 69,6 % рисовой муки, 6,8 % амарантовой муки, 11 % нутовой муки, 1,3 % льняной муки, 11,3 % кукурузного крахмала, (55±0,5) % количества влаги к массе мучной смеси, расходуемой на замес модельной тестовой системы. Данный состав рецептурной мучной композиции и уровень влаги на замес позволили получить модельную тестовую систему, в которой наблюдается максимум значений упругой и пластической деформации, в наибольшей степени близких по значению к контролю из пшеничной муки. Полученная аглютеновая мучная смесь может быть рекомендована при производстве продуктов питания функциональной и профилактической направленности.

Безглютеновая мучная смесь, упругие деформации, пластические деформации, процесс оптимизации, модельные тестовые системы

Введение

В настоящее время вопросами повышения качества жизни и питания людей, страдающих пищевыми аллергическими реакциями, обеспокоены ученые не только в области медицины, но и специалисты пищевой индустрии. Однако сложность решения данного вопроса заключается не только в создании продукта повышенной пищевой и биологической ценности, но также в имитации особых органолептических и реологических характеристик, свойственных традиционным видам пищевых изделий [1, 2].

В качестве основных видов безглютенового мучного растительного сырья в большинстве существующих рецептур безглютеновых продуктов питания используется соевая, амарантовая, арахисовая, гороховая, гречневая, кукурузная мука и т.д. Проведенный анализ литературных данных указал перспективу использования при производстве аглютеновых мясопродуктов рисовой, льняной, амарантовой, нутовой муки и кукурузного крахмала ввиду их повышенной перевариваемости, пищевой и биологической ценности [3, 4].

Целью настоящих исследований стало определение рецептурного состава безглютеновой смеси, обеспечивающей высокие органолептические и структурно-механические свойства модельным тестовым системам, произведенным на ее основе.

Объекты и методы исследования

Для проведения процесса моделирования и оптимизации рецептурного состава безглютеновой смеси для производства пельменного теста в качестве основного сырья и объектов исследования были использованы мучные композиции и модельные тестовые системы, включающие в свой состав рисовую муку (ТУ 9293-002-43175543-03), амарантовую муку (ТУ 9146017-70834238-11), нутовую муку (ТУ 9293-009-89751414-10), льняную муку (ТУ 9293-010-89751414-10), кукурузный крахмал (ГОСТ 32159-2013). В качестве контрольного образца использована модельная тестовая система из муки пшеничной в/с (ГОСТ Р 52189-2003). Органолептическая оценка контрольных (пшеничных) и опытных (безглютеновых) модельных мучных систем производилась по пятибалльной шкале (вкус, цвет, запах), структурно-механические свойства модельных тестовых систем определялись на информативно-измерительном приборе структурометр СТ-1 в режиме «№ 4» путем установления количественного соотношения между упругой и пластической деформацией.

Реализация и планирование активного полнофакторного эксперимента по заданным критериям оптимизации производились согласно составленной матрице ротатабельного центрального компо-

зиционного униформ-планирования (РЦКП) в прикладной программе использования персонального компьютера для математического и статистического анализа Statgraphics Centurion 16.1.11 и Statistica 10.0 [5].

Основными факторами варьирования планируемого эксперимента были выбраны следующие параметры: x_1 – количество амарантовой муки, % к массе рисовой муки (x_0); x_2 – количество нутовой муки, % к массе рисовой муки (x_0); x_3 – количество льняной муки, % к массе рисовой муки (x_0); x_4 – количество кукурузного крахмала, % к массе рисовой муки (x_0); x_5 – количество влаги, расходуемое при замесе модельной тестовой системы, % к массе мучной смеси; выходными параметрами послужили: y_0 – органолептическая оценка; y_1 – упругие деформации модельных тестовых систем, мм; y_2 – пластические деформации модельных тестовых систем, мм.

Выбор рисовой муки в качестве основного компонента в рецептурном составе мучных смесей обусловлен рядом технологических факторов, связанных с ее пищевой, биологической ценностью, органолептическими, структурно-механическими характеристиками и химическим составом.

Результаты и их обсуждение

Для проведения процесса оптимизации был определен уровень введения сырьевых ингредиентов, взятых в процентном соотношении к массе рисовой муки: для амарантовой муки 5–15 %, для нутовой муки 5–30 %, для льняной муки 0–5 %, для кукурузного крахмала 10–20 % (табл.1).

Таблица 1

Планирование экспериментальных исследований органолептической оценки модельных мучных систем от уровня введения мучных ингредиентов

	Пределы варьирования основных факторов			
Условия планирования	x_1	x_2	x_3	x_4
Основной уровень (0)	10	17,5	2,5	15
Интервал	5	12,5	2,5	5
Верхний уровень (+1)	15	30	5	20
Нижний уровень (-1)	5	5	0	10
Верхняя «звездная точка» (+2,0)	20	42,5	7,5	25
Нижняя «звездная точка» (-2,0)	0	0	0	5

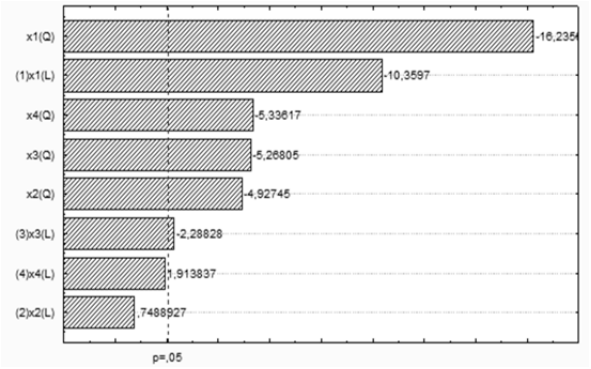
Установленные уровни введения льняной, нутовой и амарантовой муки обусловлены химическим составом – повышенным содержанием жира, сокращающего длительность хранения замороженных мясопродуктов. Согласно составленной матрице РЦКП (табл. 2) экспериментально полученные данные подвергались статистическому анализу и проверке значимости коэффициентов регрессионного уравнения на адекватность.

Таблица 2

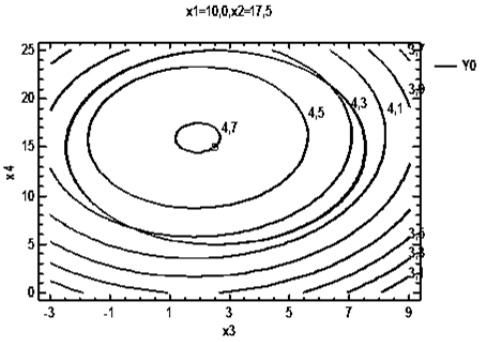
Матрица РЦКП активного эксперимента по исследованию зависимости изменения органолептической оценки модельных композиций от уровня введения мучных компонентов

	Натуральные значения факторов				Кодированные значения факторов				
	x_1	x_2	x_3	x_4	X_1	X_2	X_3	X_4	y_0
1	5	5	0	10	-1	-1	-1	-1	4,14
2	15	5	0	10	1	-1	-1	-1	3,92
3	5	30	0	10	-1	1	-1	-1	4,27
4	15	30	0	10	1	1	-1	-1	3,91
5	5	5	5	10	-1	-1	1	-1	4,18
6	15	5	5	10	1	-1	1	-1	3,8
7	5	30	5	10	-1	1	1	-1	4,31
8	15	30	5	10	1	1	1	-1	3,79
9	5	5	0	20	-1	-1	-1	1	4,19
10	15	5	0	20	1	-1	-1	1	3,99
11	5	30	0	20	-1	1	-1	1	4,34
12	15	30	0	20	1	1	-1	1	4
13	5	5	5	20	-1	-1	1	1	4,25
14	15	5	5	20	1	-1	1	1	3,89
15	5	30	5	20	-1	1	1	1	4,39
16	15	30	5	20	1	1	1	1	3,89
17	0	17,5	2,5	15	-2	0	0	0	4,11
18	20	17,5	2,5	15	2	0	0	0	3,06
19	10	0	2,5	15	0	-2	0	0	4,46
20	10	42,5	2,5	15	0	2	0	0	4,37
21	10	17,5	0	15	0	0	-2	0	4,6
22	10	17,5	7,5	15	0	0	2	0	4,18
23	10	17,5	2,5	5	0	0	0	-2	4,31
24	10	17,5	2,5	25	0	0	0	2	4,46
25	10	17,5	2,5	15	0	0	0	0	4,7
26	10	17,5	2,5	15	0	0	0	0	4,7
27	10	17,5	2,5	15	0	0	0	0	4,7
28	10	17,5	2,5	15	0	0	0	0	4,7
29	10	17,5	2,5	15	0	0	0	0	4,7
30	10	17,5	2,5	15	0	0	0	0	4,7
31	10	17,5	2,5	15	0	0	0	0	4,7

Графическая интерпретация результатов построения органолептических профилей поликомпонентных модельных мучных композиций представлена в виде данных сечения проекции поверхности отклика и данных карты Парето, отражающей статистически наиболее значимые коэффициенты регрессионной модели (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Карта Парето (а) и проекция сечения поверхности отклика (б), зависимости изменения органолептической оценки мучной смеси от уровня введения безглютеновых ингредиентов

Наивысшие балльные оценки органолептических профилей модельных композиций были получены при внесении льняной муки до 3 %, амарантовой муки в количестве 10 %, нутовой муки – 17,5 %, крахмала кукурузного – 15 %, взятых к массе рисовой муки. Отмечено, что использование в составе смеси большого количества амарантовой и льняной муки значительным образом ухудшало вкусовые свойства моделируемых мучных композиций, а нивелирующим органолептическим эффектом исходя из полученных коэффициентов уравнения регрессии (1) обладает кукурузный крахмал и нутовая мука:

$$y_0 = 4{,}7 - 0{,}207X_1 - 0{,}297X_1^{\ 2} - 0{,}09X_2^{\ 2} - 0{,}046X_3 - 0{,}097X_3^{\ 2} - 0{,}098X_4^{\ 2} \quad (R^2 = 0{,}93) \qquad (1)$$

Замес теста определяется как главный технологический этап процесса производства, где в значительной степени роль в формировании высоких реологических характеристик играет химический состав и функционально-технологические свойства сырья, количество влаги, время вымешивания и скорость вращения месильных органов и т.д. [6, 7].

С целью дальнейшей оптимизации рецептурного состава по выявлению условного «максимума» значений упругих и пластических деформаций при разном количественном использовании компонентов смеси и влаги был спланирован и реализован многофакторный эксперимент (табл. 3).

Таблица 3

Планирование эксперимента по исследованию структурно-механических характеристик поликомпонентных модельных тестовых систем

Условия планирования	Пределы варьирования основных факторов				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Основной уровень (0)	10	16	1.5	14	77,5
Интервал	2	2	1.5	2	2,5
Верхний уровень (+1)	12	18	3	12	80
Нижний уровень (-1)	8	14	0	16	75
Верхняя «звездная точка» (+2,0)	14	20	4,5	18	82,5
Нижняя «звездная точка» (-2,0)	6	12	1,5	10	72,5

Определение количества влаги, используемой на замес поликомпонентных смесей, осуществлялось на основании данных поисковых экспериментальных исследований однокомпонентных модельных тестовых систем, сенсорной технологической оценки качества модельных тестовых систем, обусловленной липкостью и степенью разжижения тестовой массы. Матрица планирования активного эксперимента и результаты исследования структурно-механических характеристик модельных тестовых систем представлены в виде данных табл. 4.

Результатом проведенного процесса оптимизации стали графические зависимости изменения упругих и пластических деформаций модельных тестовых систем, представленные в виде сечения поверхностей отклика y_1 и y_2 и карт Парето (рис. 2).

Таблица 4

Матрица РЦКП активного эксперимента по исследованию реостабильности модельных тестовых систем от уровня введения компонентов

Натуральные значения факторов						Кодированные значения факторов					Упругие деформации, мм	Пластические деформации, мм
1						2					3	4
1	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	y_1	y_2
2	8	14	0	12	80	-1	-1	-1	-1	1	0,28	1,80
3	12	14	0	12	75	1	-1	-1	-1	-1	0,45	1,34
4	8	18	0	12	75	-1	1	-1	-1	-1	0,53	1,22
5	12	18	0	12	80	1	1	-1	-1	1	0,49	2,12

Окончание табл. 4

1						2					3	4
6	8	14	3	12	75	-1	-1	1	-1	-1	0,49	1,23
7	12	14	3	12	80	1	-1	1	-1	1	0,46	1,93
8	8	18	3	12	80	-1	1	1	-1	1	0,53	1,81
9	12	18	3	12	75	1	1	1	-1	-1	0,70	1,35
10	8	14	0	16	75	-1	-1	-1	1	-1	0,22	1,52
11	12	14	0	16	80	1	-1	-1	1	1	0,18	2,42
12	8	18	0	16	80	-1	1	-1	1	1	0,26	2,30
13	12	18	0	16	75	1	1	-1	1	-1	0,43	1,84
14	8	14	3	16	80	-1	-1	1	1	1	0,23	2,11
15	12	14	3	16	75	1	-1	1	1	-1	0,39	1,65
16	8	18	3	16	75	-1	1	1	1	-1	0,47	1,53
17	12	18	3	16	80	1	1	1	1	1	0,44	2,43
18	6	16	1,5	14	77,5	-2	0	0	0	0	0,35	1,65
19	14	16	1,5	14	77,5	2	0	0	0	0	0,48	2,09
20	10	12	1,5	14	77,5	0	-2	0	0	0	0,27	1,37
21	10	20	1,5	14	77,5	0	2	0	0	0	0,56	1,57
22	10	16	0	14	77,5	0	0	-2	0	0	0,27	1,96
23	10	16	4,5	14	77,5	0	0	2	0	0	0,49	1,78
24	10	16	1,5	10	77,5	0	0	0	-2	0	0,58	1,47
25	10	16	1,5	18	77,5	0	0	0	2	0	0,25	2,27
26	10	16	1,5	14	72,5	0	0	0	0	-2	0,52	1,19
27	10	16	1,5	14	82,5	0	0	0	0	2	0,32	2,55
28	10	16	1,5	14	77,5	0	0	0	0	0	0,42	1,87
29	10	16	1,5	14	77,5	0	0	0	0	0	0,42	1,87
30	10	16	1,5	14	77,5	0	0	0	0	0	0,42	1,87
31	10	16	1,5	14	77,5	0	0	0	0	0	0,42	1,87
32	10	16	1,5	14	77,5	0	0	0	0	0	0,42	1,87

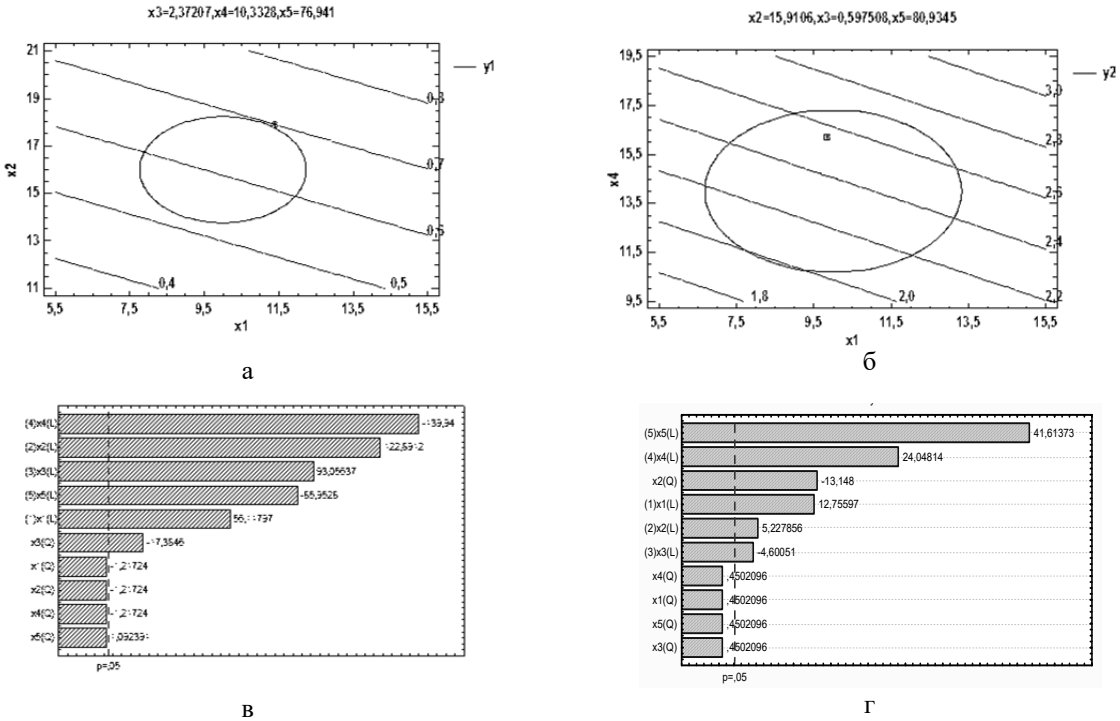


Рис. 2. Проекции сечения поверхности отклика (а, б) и карты Парето (в, г), зависимости изменения упругопластических деформаций модельных тестовых систем от уровня введения безглютеновых компонентов

Анализ интерпретации графических результатов процесса оптимизации показал положительное влияние амарантовой, нутовой и льняной муки на упругие деформации, что, очевидно, связано с повышенным содержанием белка и пентозанов, обладающих структурообразующими свойствами. Увеличение уровня введения крахмала и влаги, расходуемой на замес тестовой системы, позволяет в значительной степени повысить пластичность теста.

Результаты экспериментально полученных данных исследования реодинамичности поликомпо-

нентных модельных тестовых систем можно выразить регрессионной моделью зависимости:

$$y_1 = 0{,}418 + 0{,}065X_1 + 0{,}144\,X_2 + 0{,}109X_3 - 0{,}164X_4 - 0{,}1X_5 - 0{,}0185X_3^2 \quad (R^2 = 0{,}98) \qquad (2)$$

$$y_2 = 1{,}87 + 0{,}203X_1 + 0{,}083X_2 - 0{,}195X_2^{\,2} - 0{,}07X_3 + 0{,}38X_4 + 0{,}66X_5 \quad (R^2 = 0{,}99) \qquad (3)$$

Поскольку результаты максимальных значений исследуемых факторов находятся в удалении от оптимума друг друга, то в условиях дальнейшей оптимизации необходим дополнительный поиск условного «максимума». Полученные значения «оптимума» уровня введения мучных компонентов процесса оптимизации упругих и пластических деформаций модельных тестовых систем были взяты в качестве верхних и нижних «звездных точек» (табл. 5).

В ходе реализации повторного многофакторного эксперимента получены усредненные арифметические значения упругих и пластических деформаций, представленные матрицей ротатабельного центрального композиционного планирования исследования, варьируемые от исследуемых параметров (табл. 6).

Таблица 5

Планирование эксперимента по оптимизации рецептурного состава смеси согласно заданным реологическим критериям

Условия планирования	Пределы варьирования основных факторов				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Основной уровень (0)	10,6	16,85	1,5	13,3	78,5
Интервал	0,4	0,52	0,45	1,48	1
Верхний уровень (+1)	11	17,4	1,95	14,8	79,9
Нижний уровень (-1)	10,2	16,3	1,05	11,8	77,9
Верхняя «звездная точка» (+2,0)	11,4	17,9	2,4	16,2	80,9
Нижняя «звездная точка» (-2,0)	9,8	15,8	0,6	10,3	76,9

Таблица 6

Матрица РЦКП активного эксперимента по оптимизации рецептурного состава мучной безглютеновой смеси

						Кодированные значения факторов					Упругие деформации, мм	Пластические деформации, мм
1	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	y_1	y_2
2	10,2	16,3	1,1	11,8	79,9	-1	-1	-1	-1	1	0,45	1,8
3	11	16,3	1,1	11,8	77,9	1	-1	-1	-1	-1	0,49	1,54
4	10,2	17,4	1,1	11,8	77,9	-1	1	-1	-1	-1	0,49	1,54
5	11	17,4	1,1	11,8	79,9	1	1	-1	-1	1	0,45	1,8
6	10,2	16,3	2	11,8	77,9	-1	-1	1	-1	-1	0,61	0,96
7	11	16,3	2	11,8	79,9	1	-1	1	-1	1	0,57	1,22
8	10,2	17,4	2	11,8	79,9	-1	1	1	-1	1	0,57	1,22
9	11	17,4	2	11,8	77,9	1	1	1	-1	-1	0,61	0,96
10	10,2	16,3	1,1	14,8	77,9	-1	-1	-1	1	-1	0,46	2,64
11	11	16,3	1,1	14,8	79,9	1	-1	-1	1	1	0,42	2,9
12	10,2	17,4	1,1	14,8	79,9	-1	1	-1	1	1	0,42	2,9
13	11	17,4	1,1	14,8	77,9	1	1	-1	1	-1	0,46	2,64
14	10,2	16,3	2	14,8	79,9	-1	-1	1	1	1	0,54	2,32
15	11	16,3	2	14,8	77,9	1	-1	1	1	-1	0,58	2,06
16	10,2	17,4	2	14,8	77,9	-1	1	1	1	-1	0,58	2,06
17	11	17,4	2	14,8	79,9	1	1	1	1	1	0,54	2,32
18	9,8	16,85	1,55	13,3	78,9	-2	0	0	0	0	0,49	1,95
19	11,4	16,85	1,55	13,3	78,9	2	0	0	0	0	0,49	1,95
20	10,6	15,75	1,55	13,3	78,9	0	-2	0	0	0	0,62	1,95
21	10,6	17,95	1,55	13,3	78,9	0	2	0	0	0	0,62	1,95
22	10,6	16,85	0,65	13,3	78,9	0	0	-2	0	0	0,37	2,53
23	10,6	16,85	2,45	13,3	78,9	0	0	2	0	0	0,61	1,37
24	10,6	16,85	1,55	10,3	78,9	0	0	0	-2	0	0,52	0,85
25	10,6	16,85	1,55	16,3	78,9	0	0	0	2	0	0,45	3,05
26	10,6	16,85	1,55	13,3	76,9	0	0	0	0	-2	0,53	1,62
27	10,6	16,85	1,55	13,3	80,9	0	0	0	0	2	0,45	2,13
28	10,6	16,85	1,55	13,3	78,9	0	0	0	0	0	0,49	1,95
29	10,6	16,85	1,55	13,3	78,9	0	0	0	0	0	0,49	1,95
30	10,6	16,85	1,55	13,3	78,9	0	0	0	0	0	0,49	1,95
31	10,6	16,85	1,55	13,3	78,9	0	0	0	0	0	0,49	1,95
32	10,6	16,85	1,55	13,3	78,9	0	0	0	0	0	0,49	1,95

Достоверность представленных экспериментальных данных подтверждена критериями Стьюдента и Фишера в полученных регрессионных математических уравнениях вида:

$$y_1 = 0{,}488 + 0{,}063\,X_2^2 + 0{,}12X_3 - 0{,}0316X_4 - 0{,}0004X_4^2 - 0{,}04X_5$$

$$(R^2 = 0{,}98) \qquad (4)$$

$$y_2 = 1{,}98 - 0{,}53X_3 + 0{,}99X_4 + 0{,}208X_5 - 0{,}045X_5^{\,2}$$

$$(R^2 = 0{,}97) \qquad (5)$$

Графическая интерпретация результатов экспериментальных исследований упругих и пластических деформаций представлена в виде карт Парето и проекций сечения поверхностей отклика на рис. 3.

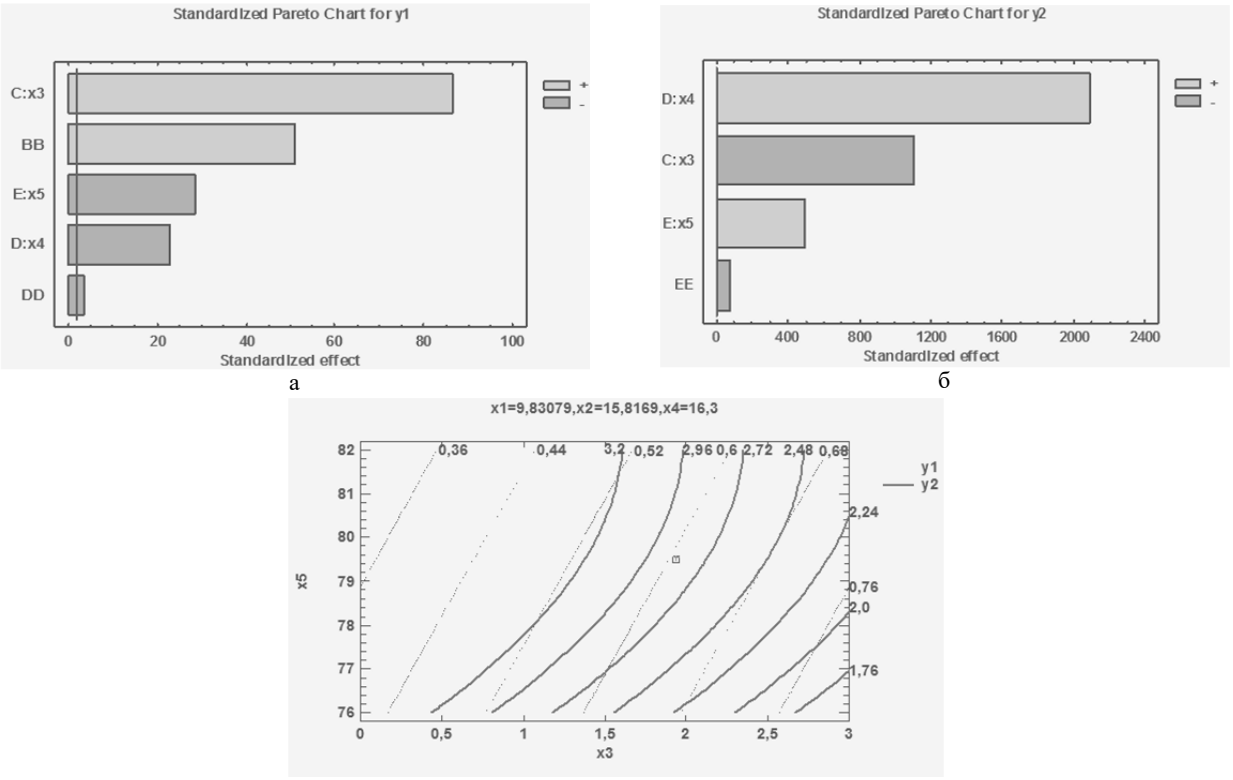


Рис. 3. Карты Парето (а, б) и проекция сечения поверхности отклика (в) и зависимости изменения упругопластических деформаций модельных тестовых систем от уровня введения мучных компонентов

Таким образом, проведенный процесс моделирования и оптимизации рецептурного состава безглютеновой смеси по заданным реологическим и органолептическим критериям позволил получить оптимальную мучную композицию, представленную в виде соотношения компонентов к массе рисовой муки в балансовом уравнении (6):

$$0{,}098*x_0 + 0{,}158*x_0 + 0{,}019*x_0 + 0{,}163*x_0 + x_0 = 100 \qquad (6)$$

где x_0 =69,6 % – масса рисовой муки, тогда x_1 = = 0,098 * x_0 = 6,8 % – масса амарантовой муки, x_2 = 0,158 * x_0 = 11 % – масса нутовой муки, x_3 = 0,019 * x_0 = 1,3 % – масса льняной муки, x_4 = 0,163 * x_0 = 11,3 % – масса крахмала кукурузного, x_5 = (55 ± 0,5) % – количество влаги, расходуемой на замес модельной тестовой системы.

Сравнительный анализ органолептической и реологической оценки опытных и контрольных модельных тестовых систем представлен в виде данных табл. 7.

Как видно из данных, соотношение упругих к пластическим деформациям и результаты органолептической оценки рецептурной композиции мучной смеси позволил получить мучную смесь с высокими качественными характеристиками.

Таблица 7

Сравнительная оценка реологических и органолептических свойств модельных тестовых систем из пшеничной муки и безглютеновой смеси

Модельные тестовые системы	Упругие деформации, мм	Пластические деформации, мм	Органолептическая оценка, балл
Безглютеновая мучная смесь	0,62 (17,8 %)	2,85 (82,2 %)	4,7
Пшеничная мука в/с	1,17 (15,5 %)	6,39 (84,5 %)	5,0

Выводы

Таким образом, представленный практический процесс моделирования и оптимизации состава мучной безглютеновой смеси, основанный на использовании сырья с разным химическим составом и функционально-технологическими свойствами, позволил получить соотношение рецептурных компонентов, обеспечивающее высокие органолептические и реологические свойства модельных тестовых систем. Проведенный комплексный анализ пищевой и биологической ценности разработанной мучной композиции указал на перспективу ее ис-

пользования в качестве альтернативной замены пшеничной муки. Полученная безглютеновая смесь может быть рекомендована к применению при производстве диетических профилактических продуктов питания, в частности, замороженных полуфабрикатов в тесте.

Список литературы

1. Масалова, В.В. Перспективы использования безглютенового растительного сырья в производстве пищевых продуктов для диетического и профилактического питания / В.В. Масалова, Н.П. Оботурова // Пищевая промышленность. – 2016. – № 3. – С. 16–20.

2. Gallagher, E. Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In Arendt and Bello (Eds.), Gluten-free cereal products and beverages London, UK: Elsevier Inc.2008. P.321-346.

3. Магомедов, Г.О. Исследование структурно-механических свойств кексов с нетрадиционными видами муки / Г.О. Магомедов [и др.] // Управление реологическими свойствами пищевых продуктов: III науч.-практ. конф. с междунар. участием. – М.: Издательский комплекс ФГБОУ ВПО «МГУПП», 2012. – С. 120–123.

4. Матвеева, И. Перспективные виды сырья для производства безглютеновых изделий / И. Матвеева, В. Нестеренко // Хлебопродукты. – 2011. – № 8. – С. 42–44.

5. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования эксперимента / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.

6. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства / Л.Я. Ауэрман; под общ. ред. Л.И. Пучковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2005. – 416 с.

7. Gallagher, E., Gormley, R. T., & Arendt, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science & Technology. 2004. №15. P.143–152.

MODELING AND OPTIMIZATION OF POLYCOMPONENT FLOUR COMPOSITION FOR PRODUCTION OF GLUTEN-FREE MEATS

N.P. Oboturova, L.I. Barybina, V.V. Masalova*, A.N. Gezhina

North Caucasus Federal University,
1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia

**e-mail: leravkan@rambler.ru*

Received: 23.08.2016
Accepted: 12.10.2016

The literature screening data show that to date most of the existing receipts of gluten-free foods have poor quality in terms of organoleptic, rheological and biological properties of the produced foods. Taking into consideration the basic technological principles for the development and improvement of production technology of new types of foods the authors of the article show the practical possibility of improving the basic organoleptic and textural-and-mechanical properties of model test systems by targeted combining of raw materials having different chemical composition and functional and technological properties. The above process of optimization of gluten-free mixture composition based on specified criteria was carried out with the use of modern applied software for the processing of experimental data – Statgraphics Centurion 16.1.11 and Statistica 10.0, and allowed us to determine the optimum composition of the flour mix for the production of dumpling dough. When planning and implementing experimental studies it has been found that the best ratio of the components can be regarded as the use of 69.6% of rice flour, 6.8% of amaranth flour, 11% of chick-pea flour, 1.3% of flax meal, 11.3% of corn starch and 55 ± 0.5% water amount to the weight of the flour mix used to knead the model test systems. This composition of the flour mix and the quantity of water used for the batch made it possible to obtain a model test system with a maximum value of elastic and plastic deformation, most similar in value to the control one based on wheat flour. The resulting gluten-free flour mix can be recommended for the production of functional foods and foods having preventive properties.

Gluten-free flour mix, elastic deformation, plastic deformation, optimization process, model test systems

References

1. Masalova V.V., Oboturova N.P. Perspektivy ispol'zovaniya bezglyutenovogo rastitel'nogo syr'ya v proizvodstve pishchevykh produktov dlya dieticheskogo i profilakticheskogo pitaniya [Prospects of use gluten-free vegetable raw materials in the production of foods for dietary preventive nutrition]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food processing industry], 2016, no. 3, pp. 16–20.

2. Gallagher E. Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages A volume in Food Science and Technology,* 2008, pp. 321–346. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50016-2.

3. Magomedov G.O., Lukina S.I., Sadygova M.K., Zhuravlev A.A., Charkina T.A. Issledovanie strukturno-mekhanicheskikh svoystv keksov s netraditsionnymi vidami muki [The study of structural and mechanical properties of cupcakes with non-traditional

types of flour]. *Materialy III nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Upravlenie reologicheskimi svoystvami pishchevykh produktov»* [Proc. of the III scientific-practical conference with international participation "Management of the rheological properties of food products"]. Moscow, 2012, pp. 120–123.

4. Matveeva I., Nesterenko V. Perspektivnye vidy syr'ya dlya proizvodstva bezglyutenovykh izdeliy [Promising raw materials for the production of gluten-free products]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2011, no. 8, pp. 42–44.

5. Grachev Yu.P., Plaksin Yu.M. *Matematicheskie metody planirovaniya eksperimenta* [Mathematical methods of experiment planning]. Moscow, DeLiprint Publ., 2005. 296 p.

6. Auerman L.Ya. *Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva* [Tekhnologiya of baking production]. St. Petersburg, Professija Publ., 2005. 416 p.

7. Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology,* 2004, no. 15, pp. 143–152.

Дополнительная информация / Additional Information

Моделирование и оптимизация рецептурной мучной композиции поликомпонентного состава для производства безглютеновых мясопродуктов / Н.П. Оботурова, Л.И. Барыбина, В.В. Масалова, А.Н. Гежина // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43. – № 4. – С. 56–63.

Oboturova N.P., Barybina L.I., Masalova V.V. Modeling and optimization of polycomponent flour composition for production of gluten-free meats. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2016, vol. 43, no. 4, pp. 56–63 (In Russ.).

Оботурова Наталья Павловна
канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой технологии мяса и консервирования, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355016, Россия, г. Ставрополь, ул. Маршала Жукова, 9, тел.: +7 (652) 33-03-29

Барыбина Людмила Ивановна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии мяса и консервирования, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355016, Россия, г. Ставрополь, ул. Маршала Жукова, 9, тел.: +7 (652) 33-03-29

Масалова Валерия Валерьевна
аспирант кафедры технологии мяса и консервирования, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355016, Россия, г. Ставрополь, ул. Маршала Жукова, 9, тел.: +7 (652) 33-03-29, e-mail: leravkan@rambler.ru

Гежина Анна Николаевна
студент кафедры технологии мяса и консервирования, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355016, Россия, г. Ставрополь, ул. Маршала Жукова, 9, тел.: +7 (652) 33-03-29

Natalia P. Oboturova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Technology of Meat and Conservation, North Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (652) 33-03-29

Lyudmila I. Barybina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Meat and Conservation, North Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (652) 33-03-29

Valeria V. Masalova
Postgraduate Student, Assistant of the Department of Technology of Meat and Conservation, North Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, e-mail: leravkan@rambler.ru

Anna N. Gezhina
student of the Department of Technology of Meat and Conservation, North Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (652) 33-03-29.