

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА КОМБИНИРОВАННЫХ ВИДОВ ПЮРЕ НА ОСНОВЕ ПАСТЫ ИЗ ТОПИНАМБУРА И ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ

Разработаны рецептурные составы комбинированных пюре на основе пасты из топинамбура и плодово-ягодного сырья с помощью математического моделирования композиций. Определены оптимальные соотношения, при которых наблюдается высокая корреляция между органолептическими показателями и содержанием биологически активных веществ. Показано, что новые виды комбинированных пюре являются продуктами высокой пищевой ценности.

Ключевые слова: паста из топинамбура, пюре, пищевая ценность, моделирование рецептурного состава.

L.G. Ermosh

THE FORMULATION COMPOSITION MODELING OF THE PUREE COMBINED TYPES ON THE BASIS OF THE PASTE OF EARTH APPLE AND FRUIT-BERRY STUFF

The formulation compositions of the combined puree on the basis of the earth apple and fruit-berry stuff paste with the help of the mathematical composition modeling are developed. The optimal ratios, in which the high correlation between organoleptic characteristics and the biologically-active substance content is observed, are defined. It is shown that the combined puree new types are the products of high nutritional value.

Key words: earth apple paste, puree, nutritional value, formulation composition modeling.

Введение. Топинамбур (*Jerusalem artichoke*) является уникальным корнеплодом по содержанию биологически активных компонентов, что делает его незаменимым сырьем для производства различных продуктов, в том числе диетического и диабетического направления. Ранее, в рамках научной работы, была разработана технология производства пасты из топинамбура [3]. Анализ пищевой ценности нового вида пасты по содержанию пектиновых веществ, инулина, аскорбиновой кислоты, тиамина, железа позволяет считать ее функциональным пищевым продуктом [1] и рекомендовать в качестве добавки для создания широкого ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности. Однако наличие высокого содержания белков и углеводов в составе клубней топинамбура в сочетании с термическим воздействием способствует активизации реакции меланоидинообразования, что вызывает потемнение и формирование серого цвета пасты, снижающие ее потребительские свойства. С целью улучшения органолептических показателей, расширения рамок использования разработаны рецептуры комбинированных пюре на основе пасты и плодово-ягодного сырья.

Цель работы. Моделирование рецептурного состава комбинированных видов пюре на основе пасты из топинамбура и плодово-ягодного сырья Красноярского края.

Для достижения цели решались следующие **задачи**: определение органолептических показателей и пищевой ценности пюре в различных композициях; математическое моделирование рецептурного состава; определение оптимальной рецептуры; оценка пищевой ценности новых видов пюре.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования были использованы пюре из пасты топинамбура и брусники; пасты топинамбура и черноплодной рябины; пасты топинамбура и тыквы. Выбор данных видов ягодного и плодового сырья обусловлен их богатым химическим составом, высокими технологическими свойствами (способность к желированию, высокая концентрация окрашенных веществ, микробиологическая стойкость ягод); широким распространением в Красноярском крае.

Технологическая схема производства опытных партий пюре заключалась в следующем: свежую ягоду инспектировали, промывали, прогревали (пароконвекционный аппарат, $t=140^{\circ}\text{C}$, режим конвекции), протирали (протирачная машина). Далее соединяли с пастой из топинамбура, уваривали до содержания сухих веществ 20 % (пароконвекционный аппарат, $t=140^{\circ}\text{C}$, режим конвекции). Тыкву промывали, очищали от кожуры и семян, нарезами ломтиками и прогревали до размягчения (пароконвекционный аппарат, режим конвекции: $t=140^{\circ}\text{C}$, пар (ф)=10%), протирали, соединяли с пастой из топинамбура, прогревали (пароконвекционный аппарат, $t=140^{\circ}\text{C}$, режим конвекции) до содержания сухих веществ 20 %. В пюре из тыквы и черноплодной рябины вводили лимонную кислоту для активизации процесса инверсии сахарозы и формирования вкусовых качеств [2].

В работе использовали органолептические, физико-химические, биохимические методы исследований в соответствии с требованиями Технического регламента, СанПиНа и ГОСТа на данный вид продукции. Математическое моделирование, регрессионный и статистический анализ экспериментальных данных для видов пюре проводили в прикладной системе «Statistica 6». Для подтверждения достоверности различия между полученными показателями использовали критерий Манн-Уитни. При сравнении средних значений

для двух выборок и множественном сравнении средних разница считалась достоверной при 95 %-м уровне значимости ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение: С целью определения оптимального соотношения пасты из топинамбура и плодово-ягодного сырья использовали различные композиции (табл. 1).

Таблица 1

Композиции комбинированных видов пюре

Номер композиции	Паста из топинамбура, %	Плодово-ягодное сырье, %
1	80	20
2	70	30
3	60	40
4	50	50
5	40	60
6	30	70
7	20	80

Для оценки качества пюре органолептические показатели являлись определяющими. Общая органолептическая оценка качества пюре, полученных по различным рецептурам, представлена на рисунках 1–3.

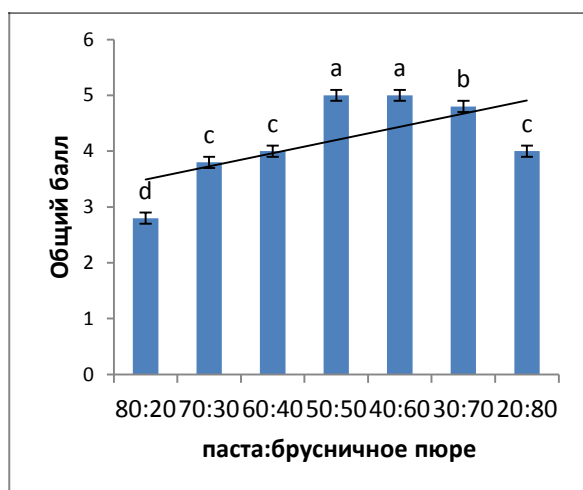


Рис. 1. Общая органолептическая оценка пюре «Брусника-топинамбур»

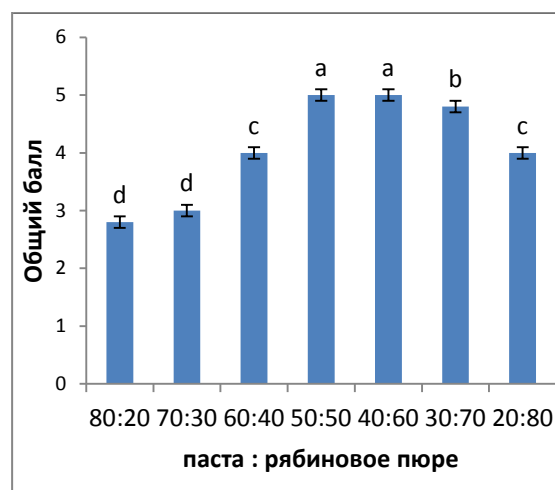


Рис. 2. Общая органолептическая оценка пюре «Рябина-топинамбур»

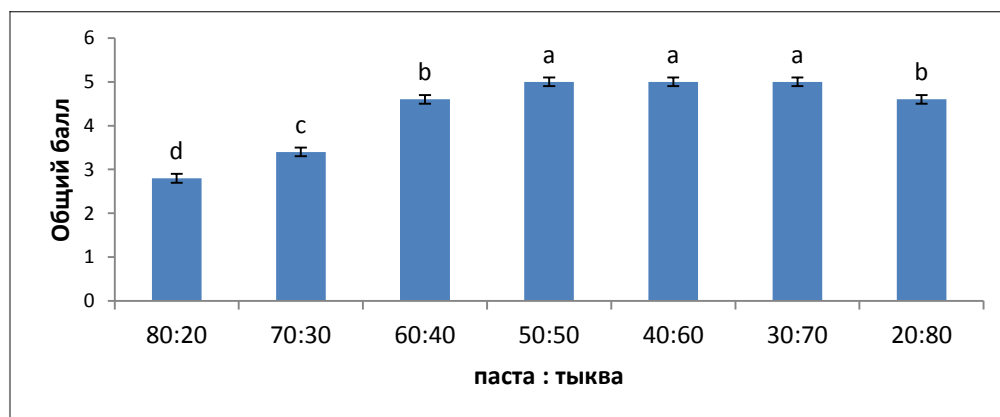


Рис. 3. Общая органолептическая оценка пюре «Тыква-топинамбур»

Примечание: ($M \pm m$, $n=7$)(различными буквами обозначены межгрупповые различия, множественное сравнение средних, Манн-Уитни тест, $p < 0,05$).

Максимально высокую органолептическую оценку (4,8–5,0 баллов) получили образцы № 4, 5, 6 всех видов пюре (паста: пюре в соотношении 50 : 50; 40 : 60; 30:70). В данных композициях пюре имело насыщенный розовый цвет, выраженный аромат и кисло-сладкий вкус для брусники; темно-фиолетовый цвет, выраженный аромат и сладкий вкус для черноплодной рябины; желтый цвет, приятный аромат и сладкий вкус для тыквы, однородную пюреобразную консистенцию.

Во всех видах пюре экспериментально определяли содержание наиболее значимых биологически активных веществ: инулина, пектина, витаминов С, В₁, кальция, железа.

Для определения оптимального соотношения рецептурных компонентов проводили регрессионный анализ экспериментальных данных. В качестве зависимых переменных были выбраны концентрации пасты и пюре (Y₁ – содержание пасты, Y₂ – содержание пюре). В качестве независимых переменных – органолептические показатели: внешний вид (X₁), цвет (X₂), вкус (X₃), консистенция (X₄) и содержание биологически активных компонентов – инулина (X₅), пектина (X₆), витамина С (X₇), витамина В₁ (X₈), кальция (X₉), железа (X₁₀).

Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты регрессионного анализа

Варьируемые факторы	Функция отклика								
	Пюре «Брусника-топинамбур»			Пюре «Рябина-топинамбур»			Пюре «Тыква-топинамбур»		
	R	R ²	F	R	R ²	F	R	R ²	F
Внешний вид, цвет	0,94	0,89	17,55	0,96	0,92	12,9	0,94	0,9	18,0
Вкус, консистенция	0,92	0,96	12,9	0,8	0,89	11,2	0,91	0,89	39,2
Содержание инулина, пектина	0,99	0,99	1325,9	0,99	0,99	445,4	0,99	0,99	611,1
Содержание витаминов С, В ₁	0,99	0,99	1497,0	0,99	0,99	3175,5	0,99	0,99	1986,7
Содержание кальция, железа	0,99	0,99	8248,6	0,99	0,99	7250,1	0,99	0,99	8650,3

Примечание. Критический уровень F_{табл} найден с помощью таблиц, уровень значимости в 5 %, F_{табл} = 6,94.

Так как F > F_{табл}, значит, представленные ниже уравнения регрессии (табл. 3) адекватно описывают опытные данные, и их можно использовать для дальнейшего анализа

Таблица 3

Уравнения регрессии для комбинированных пюре

Вид пюре	Уравнения регрессии
1	2
Брусника-топинамбур	Y ₁ = 107,327 + 4,09 X ₁ - 19,53 X ₂ Y ₂ = - 7,33 - 4,09 X ₁ + 19,53 X ₂
	Y ₁ = - 17,62 - 23,38 X ₃ + 34,35 X ₄ Y ₂ = 117,63 + 23,38 X ₃ - 34,35 X ₄
	Y ₁ = -33,6285 + 5,0172 X ₅ + 13,2176 X ₆ Y ₂ = 133,6285 - 5,0172 X ₅ - 13,2176 X ₆
	Y ₁ = -53,4906 + 3,53 X ₇ + 2,55 X ₈ Y ₂ = 153,4906 - 3,53 X ₇ - 2,55 X ₈
	Y ₁ = 251,43 - 10,181 X ₉ + 8,29 X ₁₀ Y ₂ = -151,43 + 10,181 X ₉ - 8,29 X ₁₀
	Y ₁ ' = 101,89 + 4,5 X ₁ ' - 18,84 X ₂ ' Y ₂ ' = 1,89 - 4,5 X ₁ ' + 18,84 X ₂ '
Рябина-топинамбур	Y ₁ ' = - 37,27 - 29,09 X ₃ ' + 44,09 X ₄ ' Y ₂ ' = 137,27 + 29,09 X ₃ ' - 44,09 X ₄ '
	Y ₁ ' = 56,2065 + 7,7905 X ₅ ' - 13,7287 X ₆ ' Y ₂ ' = 43,7935 - 7,7905 X ₅ ' + 13,7287 X ₆ '
	Y ₁ ' = -59,2912 + 3,4651 X ₇ ' + 19,5394 X ₈ ' Y ₂ ' = 159,2912 - 3,4651 X ₇ ' - 19,5394 X ₈ '
	Y ₁ ' = 187,444 - 7,3931 X ₉ ' + 17,7684 X ₁₀ ' Y ₂ ' = -87,44 + 7,3931 X ₉ ' - 17,7684 X ₁₀ '

1	2
Тыква-топинамбур	$Y_1'' = 136,0 - 49,0 X_1'' + 28,0 X_2''$ $Y_2'' = -36,0 + 49,0 X_1'' - 28,0 X_2''$
	$Y_1'' = 84,47 - 22,63 X_3'' + 14,73 X_4''$ $Y_2'' = 15,52 + 22,63 X_3'' - 14,73 X_4''$
	$Y_1'' = -50,068 + 3,839 X_5'' + 20,137 X_6''$ $Y_2'' = 150,068 + 3,839 X_5'' + 20,137 X_6''$
	$Y_1'' = -8,5184 + 2,465 X_7'' + 3,1874 X_8''$ $Y_2'' = 108,5184 - 2,465 X_7'' - 3,1874 X_8''$
	$Y_1'' = 217,4824 - 6,369 X_9'' - 5,9642 X_{10}''$ $Y_2'' = -117,4824 + 6,369 X_9'' + 5,9642 X_{10}''$

Зависимость между анализируемыми показателями носит линейный характер. Графическое изображение моделей на примере пюре «Брусника-топинамбур» представлено на рисунках 4–8.

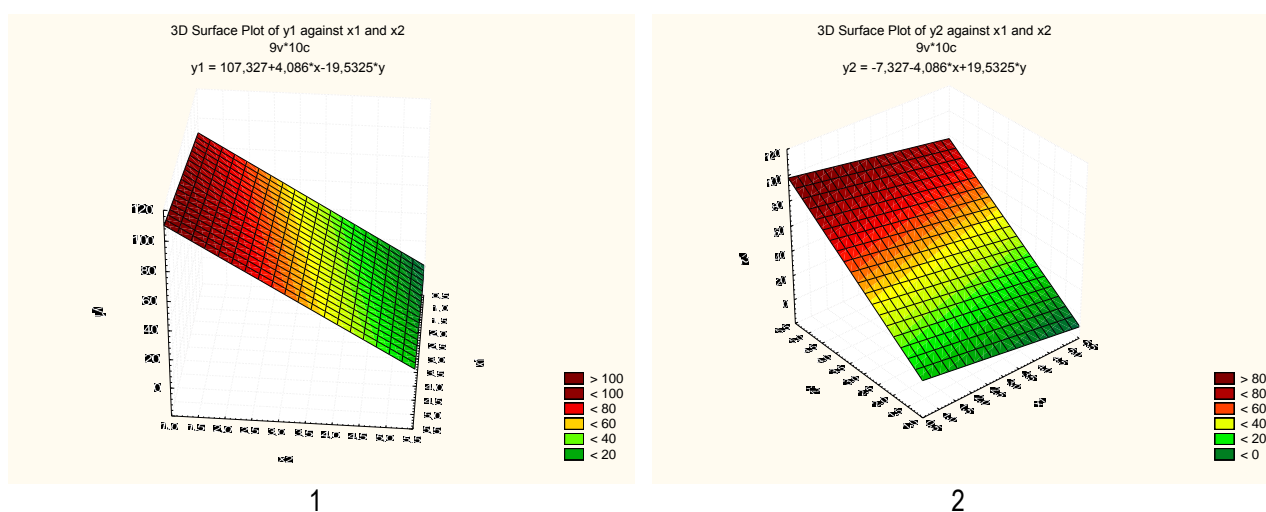


Рис. 4. Концентрация пасты (1) и брусничного пюре (2) по внешнему виду и цвету

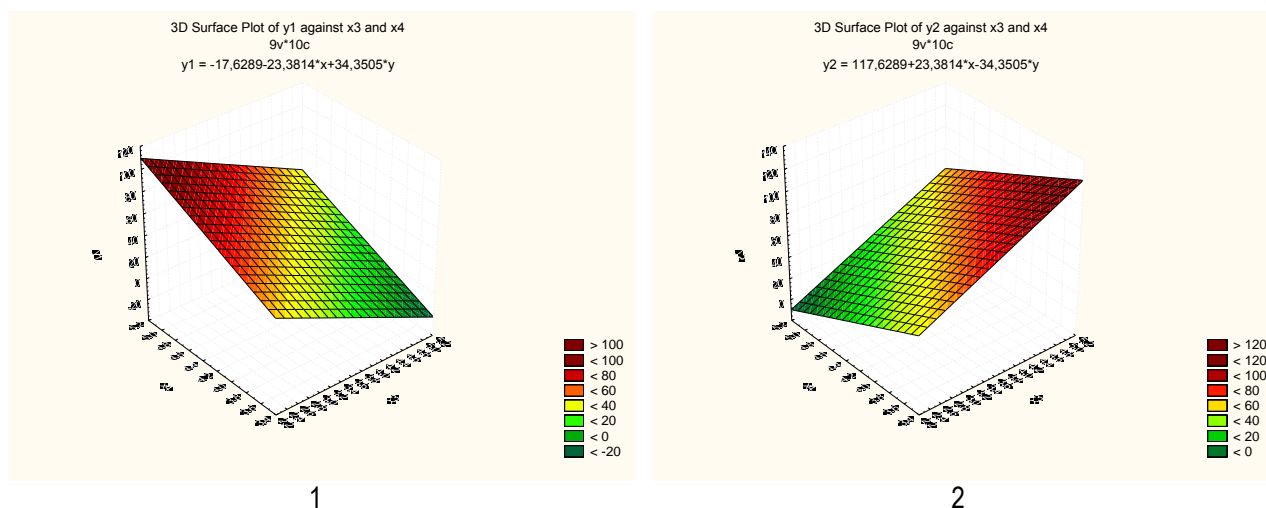


Рис. 5. Концентрация пасты (1) и брусничного пюре (2) по вкусу и консистенции

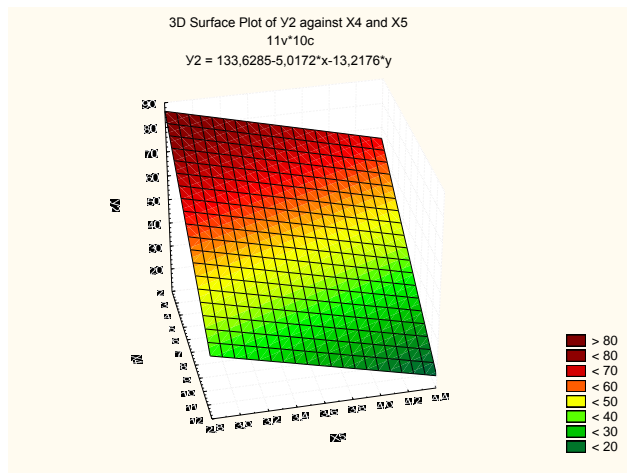
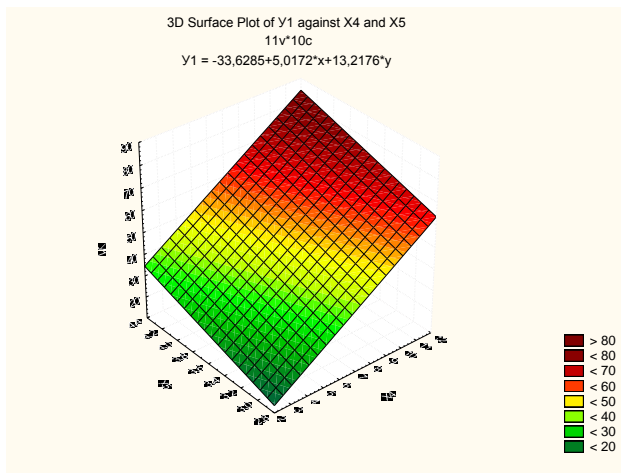


Рис. 6. Концентрация пасты (1) и брусничного пюре (2) по содержанию инулина и пектиновых веществ

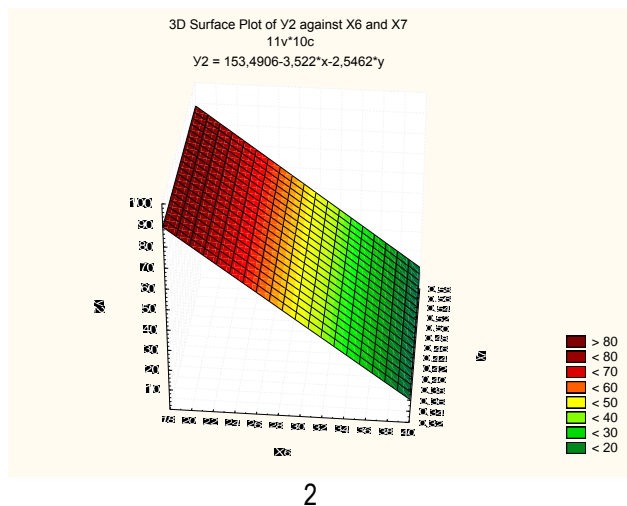
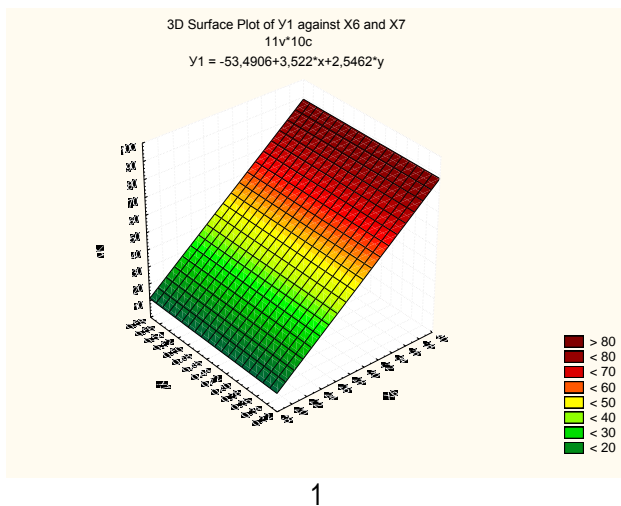


Рис. 7. Концентрация пасты (1) и брусничного пюре (2) по содержанию витаминов С и В₁

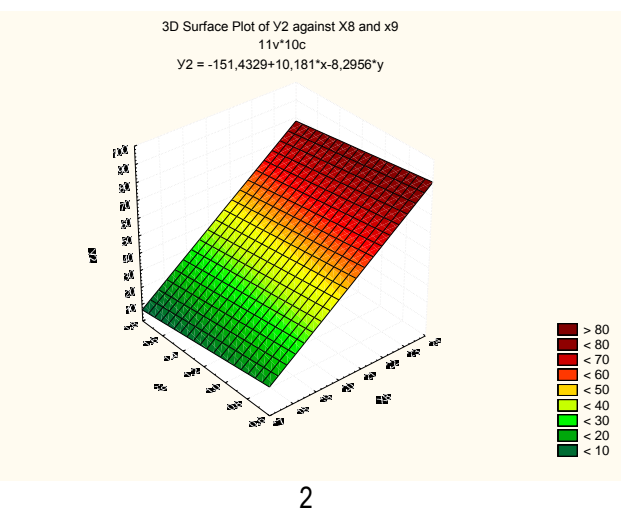
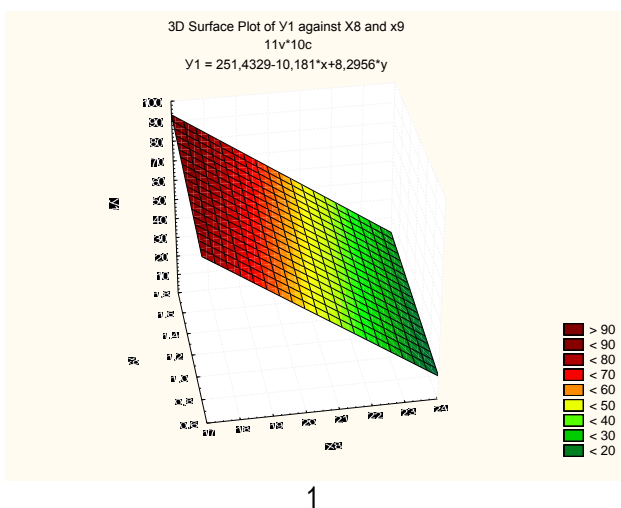


Рис. 8. Концентрация пасты (1) и брусничного пюре (2) по содержанию кальция и железа

Аналогичные модели имеют пюре «Рябина-топинамбур», пюре «Тыква-топинамбур».

Полученные модели использовали для определения оптимального соотношения рецептурных компонентов пюре. На основании экспериментальных исследований установлены минимальные и максимальные пределы функций.

Определяющим критерием для фиксирования пределов считали органолептические показатели (см. рис. 1–3). Для предложенных композиций неравенства приняли следующий вид:

Пюре «Брусника-топинамбур»	Пюре «Рябина-топинамбур»	Пюре «Тыква-топинамбур»
$30,0 \leq Y_1 \leq 50,0$ $50 \leq Y_2 \leq 70,0$	$30,0 \leq Y_1' \leq 50,0$ $50,0 \leq Y_2' \leq 70,0$	$30,0 \leq Y_1'' \leq 50,0$ $50,0 \leq Y_2'' \leq 70,0$

Минимальные и максимальные значения варьируемых компонентов составили:

Пюре «Брусника-топинамбур»	Пюре «Рябина-топинамбур»	Пюре «Тыква-топинамбур»
$4,0 \leq X_1 \leq 5,0$	$4,0 \leq X_1' \leq 5,0$	$4,0 \leq X_1'' \leq 5,0$
$4,5 \leq X_2 \leq 5,0$	$4,5 \leq X_2' \leq 5,0$	$4,5 \leq X_2'' \leq 5,0$
$4,5 \leq X_3 \leq 5,0$	$4,5 \leq X_3' \leq 5,0$	$4,5 \leq X_3'' \leq 5,0$
$4,5 \leq X_4 \leq 5,0$	$4,5 \leq X_4' \leq 5,0$	$4,5 \leq X_4'' \leq 5,0$
$6,0 \leq X_5 \leq 8,4$	$7,0 \leq X_5' \leq 9,6$	$7,1 \leq X_5'' \leq 9,4$
$3,4 \leq X_6 \leq 4,1$	$4,4 \leq X_6' \leq 4,5$	$4,4 \leq X_6'' \leq 4,5$
$26,1 \leq X_7 \leq 32,0$	$29,1 \leq X_7' \leq 35,0$	$29,4 \leq X_7'' \leq 34,5$
$0,4 \leq X_8 \leq 0,42$	$0,41 \leq X_8' \leq 0,49$	$0,42 \leq X_8'' \leq 0,5$
$19,0 \leq X_9 \leq 22,0$	$20,0 \leq X_9' \leq 23,3$	$19,7 \leq X_9'' \leq 22,4$
$1,04 \leq X_{10} \leq 1,33$	$1,55 \leq X_{10}' \leq 1,7$	$1,54 \leq X_{10}'' \leq 1,72$

На основании разработанных математических моделей определено оптимальное соотношение рецептурных компонентов комбинированных пюре: для пюре «Брусника-топинамбур» оно составило 40,17: 59,8 (паста : пюре); для пюре «Рябина - топинамбур» – 49,9 : 50,1; «Тыква-топинамбур» – 50,82 : 49,18. При данных концентрациях наблюдалась максимально высокая корреляция между органолептическими показателями и содержанием биологически активных веществ.

Таким образом, были созданы рецептуры комбинированных пюре на основе пасты из топинамбура с заданным содержанием биологически активных веществ (табл. 4).

Таблица 4

Содержание биологически активных веществ в пюре (100 г)

Показатель	Пюре «Брусника-топинамбур» (40,2 : 59,8)	Пюре «Рябина-топинамбур» (49,9 : 50,1)	Пюре «Тыква-топинамбур» (50,8 : 49,2)
Инулин (X_5), г	7,0	7,1	7,0
Пектин (X_6), г	3,7	4,47	4,5
Тиамин (X_7), мг	0,37	0,41	0,49
Витамин C, (X_8), мг	23,6	29,1	23,1
Кальций (X_9), мг	20,8	22,3	24,8
Железо (X_{10}), мг	1,2	1,55	1,6

В таблице 5 приведены данные по обеспечению суточной потребности организма человека в пищевых веществах за счет 50 г новых видов пюре – из расчета того, что в натуральном виде употребление фруктово- (плодово)-ягодного пюре рекомендовано не более 50 г в сутки.

Таблица 5

Оценка пищевой ценности новых видов комбинированных пюре (50 г)

Содержание пищевых веществ	Суточная потребность мг, г/сутки	Пюре «Рябина-топинамбур»	Пюре «Тыква-топинамбур»	Пюре «Брусника-топинамбур»
Инулин, г	10	3,5	3,5	3,5
Обеспечение суточной потребности, %		35,0	35,0	35,0
Пектин, г	2	2,2	2,3	1,8
Обеспечение суточной потребности, %		110,0	115,0	90,0
Витамин С, мг	90,0	11,0	14,6	11,8
Обеспечение суточной потребности, %		12,2	16,2	13,0
Витамин В ₁ , мг	1,5	0,2	0,3	0,2
Обеспечение суточной потребности, %		13,3	13,3	13,3
Железо, мг	18 /10	0,8	0,8	0,6
Обеспечение суточной потребности, %		4,4/8,0	4,4/8,0	2,7/5,0
Кальций, мг	1000	11,2	11,5	10,5
Обеспечение суточной потребности, %		1,12	1,15	1,15

Выводы. Проведенные исследования показали, что за счет 50 г пюре суточную потребность человека можно обеспечить: в инулине на 30,0–36,0 %; пектине – на 80,0–110,0; витамине С – на 12,0–16,2; В₁ – 13,3 %, в зависимости от вида пюре. Содержание данных веществ в пюре составляет более 10 % суточной физиологической потребности, что дает основание считать их физиологически-функциональными пищевыми ингредиентами (ГОСТ Р 52349-2005), новые виды комбинированных пюре – продуктами высокой пищевой ценности – и использовать их в для обогащения рецептурного состава различных видов продуктов.

Литература

1. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9 с.
2. ГОСТ Р 52467-2005. Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.
3. Сафронова Т.Н. Ермош Л.Г., Березовикова И.П. Новый вид продукта переработки топинамбура // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 9. – С.168–174.

