

Моделирование рецептуры диабетического песочного печенья с добавлением стевии и топинамбура

Д-р техн. наук О. Я. МЕЗЕНОВА, О. Н. КАЗАКОВА
Калининградский государственный технический университет
236011, Калининград, Советский пр., 1

Reception of mathematical model of a compounding of new shortcake with addition instead of traditional saccharose of the crushed dried up additives Stevia rebaudiana Bertoni and topinambour flavonoid is scientifically proved. The model of a compounding allows to predict quality of the ready shortcake enriched with natural diabetic additives. On the basis of the given model it is possible to optimize dosages topinambour flavonoid and Stevia depending on the generalized estimation of quality, and also to find values of factors for a desirable level sensory estimations and contents of vitamins C and components with P-vitamin activity (flavonoid type routine). The model of a compounding allows to fulfil also technology of cookies under production conditions.

Key words: shortcake, diabetes, topinambour, stevia, vitamin C, flavonoid.

Ключевые слова: песочное печенье, диабет, топинамбур, стевия, витамин С, флавоноиды.

Проблема разработки диабетических продуктов питания сегодня приобретает особую актуальность, поскольку количество данных больных каждый год увеличивается на 10–15 %. Используемые в настоящее время синтетические заменители сахара вызывают ряд серьезных отрицательных медицинских эффектов.

Одним из рациональных путей решения данной проблемы является использование натуральных сахарозаменителей, к которым относятся стевия и топинамбур.

Издавна известны диабетические свойства стевии (*Stevia rebaudiana Bertoni*) и топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*). Выбор источников диабетических компонентов обусловлен их натуральностью, доступностью и наличием целого комплекса биологически активных веществ [1].

В состав стевии входят от 5 до 15 % дитерпеновых гликозидов, сладость которых в чистом виде в 300 раз превышает сладость сахара. Основными компонентами стевии являются флавоноиды, водорастворимые хлорофиллы и ксантофиллы, оксикоричные кислоты, нейтральные водорастворимые олигосахариды, свободные сахара, аминокислоты, минеральные соединения. Из 17 аминокислот, содержащихся в стевии, 8 — незаменимые кислоты и 9 — заменимые полиненасыщенные жирные кислоты: линолевая, линоленовая и арахидоновая; жироподобные вещества: стерины и фосфатиды. Из содер-

жащихся в стевии витаминов А, В, С, D, Е, К витамины А и С находятся в чистом виде. Кроме этого присутствуют хлорофиллы, эфирные масла с 53 другими компонентами и необходимые для здоровья макро- и микроэлементы. Многочисленные исследования показали, что при регулярном употреблении стевиозида снижается содержание сахара, радионуклидов и холестерина в организме, улучшается регенерация клеток и коагуляция крови, тормозится рост новообразований, укрепляются кровеносные сосуды. Отмечено также желчегонное, противовоспалительное и диуретическое действие стевиозида. Стевиозид препятствует образованию язв в желудочно-кишечном тракте [2].

Топинамбур (в России его еще называют «земляная груша») содержит достаточно большое количество сухих веществ (до 20 %), среди которых до 80 % составляет полимерный гомолог фруктозы — инулин [3]. Инулин является полисахаридом, гидролиз которого приводит к получению безвредного для диабетиков сахара — фруктозы. Кроме того, топинамбур содержит клетчатку и богатый набор минеральных элементов, в том числе (мг % на сухое вещество): железа — 10,1; марганца — 44,0; кальция — 78,8; магния — 31,7; калия — 1382,5; натрия — 17,2. Топинамбур активно аккумулирует кремний из почвы, и в клубнях содержание этого элемента составляет до 8 % в расчете на сухое вещество.

Лечебные свойства топинамбура известны с давних времен. Он хорошо помогает при различных заболеваниях: подагре, мочекаменной болезни, анемии, отложении солей, ожирении; понижает уровень глюкозы в крови, способствует снижению давления, повышению гемоглобина, а также оказывает лечебное воздействие на поджелудочную железу. Он имеет способность выводить из организма соли тяжелых металлов, токсины, радионуклиды и избыток холестерина, что обусловлено совместными действиями инулина и клетчатки.

Целью исследований являлась разработка рецептуры песочного печенья, предназначенного для диабетического питания, с добавлением стевии и топинамбура, адекватного по уровню сладости традиционно изготавливаемым кондитерским изделиям и обладающего повышенной биологической ценностью.

Для достижения поставленной цели необходимо было прежде всего определить оптимальные дозировки натуральных диабетических добавок (стевии и топинамбура) в составе рецептуры печенья, что эффективно и достоверно достигается с применением метода математического моделирования эксперимента. Преимуществами выбранного метода оптимизации являются объективность, краткость и информационная емкость экспериментов.

В качестве базовой рецептуры, подлежащей обогащению новыми растительными добавками, использовали нормативную композицию песочного печенья [4], в состав которой на последнем этапе замешивания вводили измельченные растительные добавки в дозировках, обоснованных априори в специальных экспериментах (табл. 1). Топинамбур, полученный от местных производителей, очищали от кожуры и мелко измельчали до сте-

пени дисперсности 0,5–1 мм. Стевию в сухом порошкообразном виде помещали в микроизмельчитель на 2 мин при скорости вращения рабочего органа 1000 об/мин. Измельчение компонентов проводили непосредственно перед внесением в рецептуру.

Проведение экспериментов осуществлялось в соответствии с алгоритмом ортогонального центрального композиционного плана (ОЦКП) второго порядка для двух факторов (см. [4]). По результатам предварительных исследований из множества факторов, влияющих на качество песочного печенья для диабетиков, были выделены два основных, подлежащих варьированию: массовая доля топинамбура — M_1 , % к общей массе печенья; массовая доля стевии — M_2 , % к массе жира. Диапазон изменения данных факторов и пределы их варьирования приведены в табл. 2.

На первом этапе оптимизации необходимо было получить математическую модель рецептуры, связывающую параметр оптимизации Y с изменяемыми факторами (M_1, M_2).

В качестве параметра оптимизации для повышения объективности результатов исследования был выбран безразмерный обобщенный показатель Y , объединяющий три различных по физическому смыслу частных отклика, совокупность которых позволяет оценить органолептические достоинства и биологическую ценность готового продукта:

Y_1 — органолептическая оценка качества песочного печенья, баллы;

Y_2 — содержание витамина С, мг %;

Y_3 — содержание веществ с Р-витаминной активностью, %.

Таблица 1

Рецептура песочного печенья с добавлением стевии и топинамбура

Наименование ингредиентов	Масса, г	% от общей массы
Мука пшеничная	300	57,00
Маргарин	125	28,50
Яйца	50	9,50
Топинамбур	47,88	9,09
Стевия	3,75	0,71
Итого:		100

Таблица 2

Пределы варьирования и уровни изменяемых факторов оптимизации рецептуры песочного печенья с добавлением растительных добавок

Фактор в кодированном виде	Уровень			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Массовая доля топинамбура (X_1), % к общей массе	5	10	15	5
Массовая доля стевии (X_2), % к массе жировой фракции	2	3	4	1

Органолептическую оценку качества готового печенья проводили на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ, оценивая уровень качества по специально разработанной пятибалльной шкале с учетом коэффициентов значимости (максимальная оценка 25 баллов) — табл. 3. При обосновании шкалы за основу были взяты стандартные органолептические показатели, регламентированные в ГОСТ 24901–89, которые качественно дифференцировали по пяти уровням [5].

Обобщение различных по физическому смыслу и единицам измерения частных откликов при расчете обобщенного параметра оптимизации проводили по методи-

ке безразмерной шкалы с учетом приближения к «идеалу» (см. [4]). В качестве «идеалов» обоснованно считали 25 баллов, 8 мг % и 0,2 % (соответственно для Y_1 , Y_2 , Y_3).

Содержание витамина С определяли методом йодометрического титрования в присутствии крахмала, вещества с Р-витаминной активностью (флавоноидные соединения, рутин) — титрованием перманганатом калия.

Условия опытов, а также значения частных показателей качества обогащенного песочного печенья, полученные в результате планирования и проведения исследований по ОЦКП второго порядка для двух факторов, приведены в табл. 4.

Таблица 3

Балльная органолептическая шкала оценки качества обогащенного песочного печенья

Наименование показателя	Балл	Коэффициент значимости показателя	Интервалы оценки качества с учетом значимости показателя, баллы
Внешний вид	1–5	0,7	0,7–3,5
Состояние поверхности	1–5	0,6	0,6–3,0
Цвет	1–5	0,8	0,8–4,0
Вкус	1–5	1	1,0–5,0
Запах	1–5	0,9	0,9–4,5
Консистенция (вид на изломе)	1–5	0,5	0,5–2,5
Общее впечатление	1–5	0,5	0,5–2,5
Итого:			5–25

Таблица 4

План эксперимента по моделированию и оптимизации рецептуры песочного печенья, обогащенного растительными добавками стевии и топинамбура

№ опыта	План эксперимента				Частные отклики			Обобщенный параметр оптимизации Y
	Масса топинамбура, % к общей массе		Масса стевии, % к общей массе		Y_1 , балл	Y_2 , мг %	Y_3 , %	
	По матрице X_1	Натурально M_1 , %	По матрице X_2	Натурально M_2 , %				
1	+1	15	+1	4	19,22	4,346	0,058	0,7662
2	-1	5	+1	4	20,18	5,881	0,110	0,3099
3	+1	15	-1	2	18,46	6,612	0,044	0,7069
4	-1	5	-1	2	19,68	5,550	0,025	0,9047
5	+1	15	0	3	19,46	4,630	0,020	1,0366
6	-1	5	0	3	21,60	5,029	0,063	0,6256
7	0	10	+1	4	20,14	5,130	0,120	0,3265
8	0	10	-1	2	20,04	6,350	0,083	0,4241
9	0	10	0	3	18,96	6,634	0,155	0,1382

Расчет коэффициентов математической модели, проверка их значимости и адекватности уравнения позволили получить следующую зависимость в кодированном виде, связывающую качество печенья с изменяемыми дозировками топинамбура и стевии:

$$Y = 0,3142 + 0,116X_1 - 0,01055X_2 + 0,1635X_1X_2 + 0,4287X_1^2 - 0,02705X_2^2.$$

Анализ данного уравнения позволяет судить как о направлении, так и величине влияния изменяемых факторов (дозировки топинамбура — X_1 и стевии — X_2) на качество песочного печенья. Можно видеть, что в исследованном интервале для приближения к нулю («идеалу» для обобщенного параметра оптимизации Y) дозировку топинамбура желательнее сокращать.

Соответственно отрицательные значения коэффициентов перед фактором X_2 (массовая доля стевии) указывают на рациональность ее уменьшения. Сравнительная оценка абсолютных величин коэффициентов полученной кодированной модели позволяет сделать вывод о несколько большем влиянии на качество песочного печенья содержания топинамбура, чем стевии.

По абсолютным значениям обобщенного параметра оптимизации можно судить, что условия в экспериментах под номерами 2, 7, и 9 являлись наиболее благоприятными, позволяя получать печенье, качество которого оценивалось его наименьшими значениями.

Переход на натуральный уровень моделирования рецептуры печенья позволил получить следующее уравнение, связывающее параметр оптимизации и изменяемые факторы, выраженные в физических единицах измерения:

$$Y = 2,5739 - 0,4188M_1 - 0,1747M_2 + 0,0327M_1M_2 + 0,0172M_1^2 - 0,02705M_2^2.$$

Оптимальные значения условий данного эксперимента, полученные методом Бокса—Уилсона при геометрической интерпретации модели и проверенные математическим дифференцированием данного уравнения, имели следующие значения:

- массовая доля топинамбура — 9,68 %;
- массовая доля стевии — 2,62 %.

Экспериментальная проверка расчетных оптимальных значений искомых дозировок растительных добавок в составе рецептуры песочного печенья, заключающаяся

в его изготовлении и всесторонней оценке качества, позволила подтвердить факт получения продукта высокого качества именно при данных значениях факторов.

Полученные результаты исследования являются базовыми при отработке технологии обогащенного песочного печенья, адекватного по сладости стандартному, но изготовляемому без внесения сахарозы, что позволяет рекомендовать его больным сахарным диабетом, а также в качестве профилактического питания для людей, склонных к заболеваниям, связанным с повышенным содержанием углеводов (ожирение, кариес, сердечно-сосудистые болезни и др.). Показана возможность не только получения гастрономически привлекательного продукта, но и содержащего повышенное количество ценных витаминов группы С и компонентов с Р-витаминной активностью.

Полученная математическая модель рецептуры нового печенья является формализованной моделью рецептуры. Она позволяет прогнозировать качество готового песочного печенья, обогащенного натуральными диабетическими добавками. На основе данной модели возможно оптимизировать дозировки топинамбура и стевии в зависимости от обобщенной оценки качества, что продемонстрировано в данной работе, а также найти значения факторов для желаемого уровня органолептической оценки и содержания витаминов группы С и компонентов с Р-витаминной активностью (флавоноидов типа рутина). Модель рецептуры позволяет также отрабатывать технологию печенья в производственных условиях.

Список литературы

1. Ляховкин А. Г. Стевия — медовая трава: растение лекарственное и пищевое в вашем доме / А. Г. Ляховкин, А. П. Николаев, В. Б. Учитель. — СПб., 1999.
2. Щербаков В. Г. Биохимия растительного сырья / В. Г. Щербаков, В. Г. Лобанов, Т. Н. Прудникова и др. — М., 1999.
3. Ляпина И. Б. Заменители сахара // Опыт зарубежных предприятий пищевой промышленности. 1990. Вып. 1.
4. Мезенова О. Я. Моделирование и оптимизация технологических процессов производства продуктов питания путем математического планирования эксперимента. — Калининград, 2008.
5. ГОСТ 24901—89. Печенье. Общие технические условия.