

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, ОКАЗЫВАЮЩИХ БЛАГОТВОРНОЕ ВЛИЯНИЕ НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ

Д. И. Фролов

На основе литературных источников было выбрано сырье включаемое в состав функциональных продуктов питания, которое оказывает благотворное влияние на сердечно-сосудистую систему. Построены математические модели оптимального компонентного состава исходного сырья - черники, малины, вишни, содержащие биологически активные вещества - функциональные компоненты в сырье - антоцианы, полифенолы с антиоксидантной активностью. Эксперимент был осуществлен с использованием симплекс-решетчатых планов (второго порядка) для трехкомпонентной системы (черника, малина, вишня), содержащей антоцианы, полифенольные вещества с антиоксидантной активностью. Модели использовались для получения функциональных продуктов питания, содержащих перечисленные биологически активные вещества с антиоксидантной активностью. После применения соответствующего технологического процесса, функциональные свойства ягод были сохранены.

Ключевые слова: функциональные продукты питания, антоцианы, полифенольные вещества, антиоксидантная активность.

Введение

Существуют многочисленные исследования сырья природных источников биологически активных веществ, которые напрямую или как экстракты в различных комбинациях дают возможность создавать функциональные продукты питания. Хорошо выбранная и примененная технология является предпосылкой для получения функциональных продуктов, которые оказывают благотворное влияние на здоровье человека. Черника, малина и вишня богаты существенными питательными веществами и вторичными метаболитами (полифенолы и флавоноиды), которые оказывают антиоксидантное, противовоспалительное, противоопухолевое действие [1]. Они оказывают благотворное воздействие на сердечно-сосудистую систему, кости и иммунную систему, предотвращают опухолевые патогенные изменения в организме человека [2].

Черника оказывает положительный эффект на здоровье человека и профилактику заболеваний. Ее защитный эффект обычно приписывается полифенольным веществам – антоцианам, флаван-3-олам, флавонолам и проантоцианидинам, которые определяют их высокий антиоксидантный эффект [3].

Антиокислительный эффект антоцианов и благоприятное воздействие на здоровье человека коррелируются с их содержанием. Комбинации антоцианов демонстрируют более высокую активность свободных радикалов по сравнению с очищенными пигментами в том же количестве.

Потребление фруктов и овощей увеличивает поступление полифенольных веществ и других антоцианов, что приводит к предотвращению

возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [4]. Функциональные продукты – специальные пищевые продукты, предназначенные для систематического употребления, которые могут потребляться как часть сбалансированного питания на регулярной основе для достижения потенциальных преимуществ для здоровья. В качестве примера комплексных немодифицированных продуктов являются фрукты и овощи – простейшая форма функциональных продуктов питания. Новое в функциональных продуктах питания, в основном в том, каким образом необходимые питательные вещества с полезным эффектом включены во вкусную и здоровую пищу. Следовательно, каждое питательное вещество с доказанным качеством может быть включено в пищевых продуктах, но оно должно сохранять свои функциональные свойства.

Целью работы являлась разработка математических моделей для оптимального компонентного состава функциональных продуктов питания на основе содержащих антоцианы и полифенольные вещества, и имеющих антиоксидантную активность – черники, малины и вишни с использованием традиционного и нетрадиционного, обогащенного биологически активными веществами сырья.

Объекты и методы исследований

Традиционное и нетрадиционное сырье: черника, малина и вишня, богатые биологически активными веществами: антоцианами, полифенольными веществами и высоким уровнем антиоксидантной активности были использованы при разработке математической модели для нахождения оптимального компонентного состава функциональных пи-

Таблица 1 – Содержание биологически активных веществ в сырье

Сырье	Биологически активные вещества		
	Антоцианы, мкг/г	Полифенолы, мкг/г	Антиоксидантная активность, мкмоль/г
Вишня (X1)	2131,8	8718,1	58,6
Малина (X2)	1469,5	4751,4	38,9
Черника (X3)	2641,7	9094,7	96

Таблица 2 – Симплекс-решетчатый план второго порядка

№	X1	X2	X3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0,5	0,5	0
5	0,5	0	0,5
6	0	0,5	0,5
7	0,33	0,33	0,33
8	0,25	0,5	0,25
9	0,5	0,25	0,25
10	0,25	0,25	0,5
11	0,5	0,5	0

щевых продуктов с высокой биологической ценностью (Таблица 1).

Поверхность коэффициента отклика в треугольной системе координат строится на основе математической модели. Значения факторов нанесены на стороны равностороннего треугольника с равномерной шкалой от 0 до 1. Содержание антоцианов, общего количества полифенольных веществ и антиоксидантная активность задаются факторами X1, X2 и X3 соответственно и могут быть определены для каждой точки в треугольнике, который соответствует указанному составу смеси.

Эксперимент был осуществлен с использованием симплекс-решетчатых планов (второго порядка) для трехкомпонентной системы – X1, X2, X3, и представлен в таблице 2.

Целевыми функциями для оптимизации являлись данные содержания антоцианов, полифенольных веществ, и антиоксидантная активность черники, малины и вишни.

Планирование эксперимента осуществлялось в системе STATISTICA с применением алгоритма для нахождения вершин и центроидов для областей и смесей, на которые наложены линейные ограничения.

Результаты и их обсуждение

Используя симплекс-метод и связанные с моделированием и оптимизацией процедуры, получены математические модели компонентов концентра-

ции в смеси - антоцианов, полифенольных веществ, и антиоксидантной активности:

Модель описывающая содержание антоцианов:

$$AN = 2131.8X1 + 1469.5X2 + 2641.7X3, \text{ мкг/г} \quad (1)$$

Модель описывающая содержание полифенольных веществ:

$$P = 8718.1X1 + 4751.4X2 + 9094.7X3, \text{ мкг/г} \quad (2)$$

Модель описывающая антиоксидантную активность:

$$AA = 58.6X1 + 38.9X2 + 96.0X3 \quad (3)$$

Полученные уравнения описывают точность изменения концентрации зависимых переменных при $p < 0,05$, $P > 0,9$.

Поверхности коэффициента отклика содержания антоцианов, полифенольных веществ, и антиоксидантной активности в компоненте смеси показаны на рисунках 1, 2 и 3 соответственно.

На основе таблицы 1 можно сделать вывод, что высокое содержание антоцианов - более 2000, полифенольных веществ - более 7000 и высокий уровень антиоксидантной активности - более 60 наблюдается тогда, когда в тройной композиции доминирует составляющая X3 (черника).

Таблица 3 – Оптимизированный состав функциональных пищевых продуктов питания

№	Вишня (X1)	Малина (X2)	Черника (X3)	Антоцианы, мкг/г (AN)	Полифенолы, мкг/г (P)	Антиоксидантная активность, мкмоль/г (AA)
1	100	50	850	2532,1	8839,8	89,4
2	700	50	250	2226,1	8613,9	66,9
3	100	250	650	2297,6	7971,2	77,9
4	700	250	50	1991,7	7745,2	55,5
5	400	150	450	2261,9	8292,5	72,4

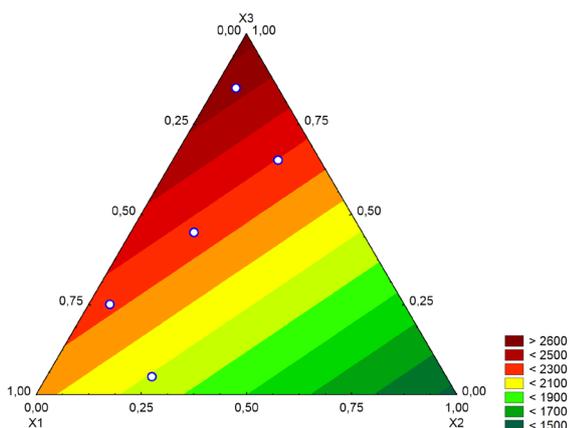


Рис. 1. Поверхность отклика содержания антоцианов в смеси компонент

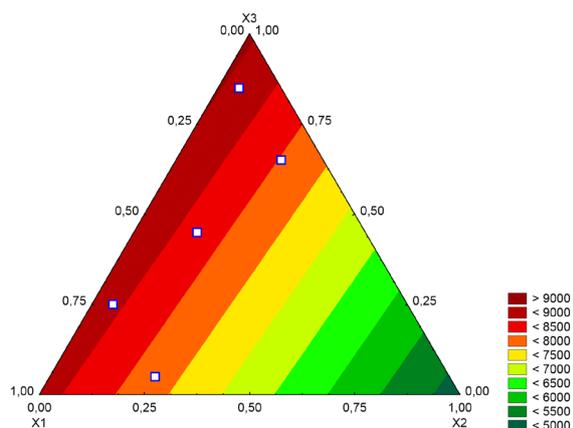


Рис. 2. Поверхность отклика содержания полифенолов в смеси компонент

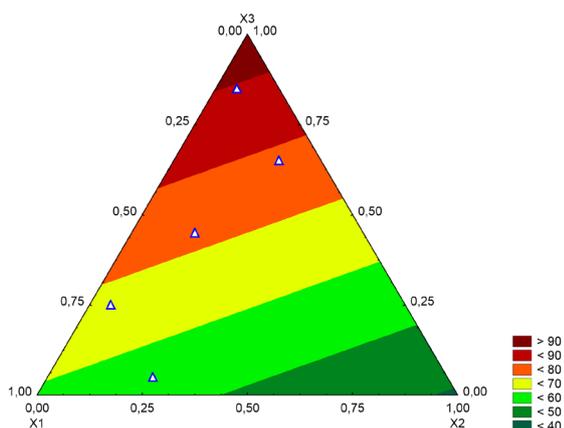


Рис. 3. Поверхность отклика антиоксидантной активности смеси компонент

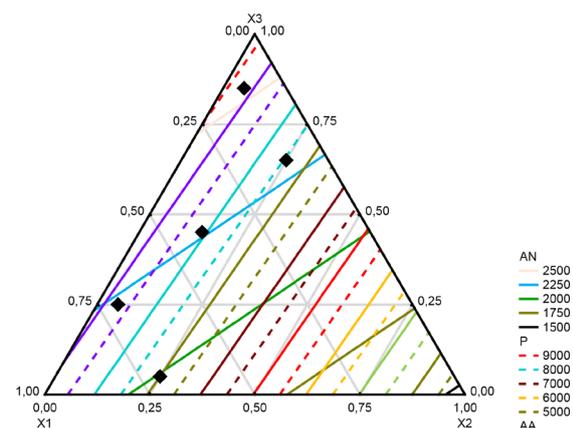


Рис. 4. Тернарный график состава смеси компонент с оптимизированным содержанием антоцианов, полифенолов и антиоксидантной активностью

Для оптимизации тройных смесей, полученных из сырья - черники, малины и вишни принимаются следующие граничные условия:

$$\begin{aligned}
 &AN > 2000 \text{ мкг/г} \\
 &P > 7000 \text{ мкг/г} \\
 &AA > 60 \text{ мкмоль/г}
 \end{aligned}$$

Для нахождения вершин и центроидов для областей и смесей, на которые наложены линейные ограничения воспользуемся программой STATISTICA. В качестве начальных ограничений примем содержание компонент на 1 кг смеси:

$$\begin{aligned}
 &\text{вишни } 100 < X1 < 700 \text{ (г/кг)} \\
 &\text{малины } 50 < X2 < 250 \text{ (г/кг)} \\
 &\text{черники } 50 < X3 < 850 \text{ (г/кг)}
 \end{aligned}$$

В качестве дополнительных линейных ограничений применим граничные условия для оптимизации тройных смесей.

Полученная область вершин и центроида (Рис. 4) принята за оптимальную, в которой содержание антоцианов, полифенольных веществ, и антиоксидантная активность в диапазоне от 2400 до 2600 мкг/г, от 8000 до 9000 мкг/г и от 70 до 95 мкмоль/г соответственно. Каждая точка этой области соответствует соответствующей компонентного состава, чьи значения для антоцианов, полифенольных веществ, и антиоксидантной активности оптимизированы.

На основании математических моделей составлены функциональные продукты питания и напитки с исходным составом сырья - вишня, малина, черника и в них оптимизирован состав антоцианов, полифенольных веществ, и антиоксидантная активность. (Таблица 3).

Список литературы

1. Wei Zheng, and Shiow Y. Wang. Oxygen Radical Absorbing Capacity of Phenolics in Blueberries, Cranberries, Chokeberries, and Lingonberries. *J. Agric. Food Chem.*, 51 (2), 2003, p. 502–509.
2. Seeram, N.P. Berry fruits: Compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *J. Agric. Food Chem.* 56. – 2008, p. 627–629.
3. Zafra-Stone S., Yasmin T., Bagchi M., Chatterjee A., Vinson J.A., Bagchi D. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Mol. Nutr. Food Res.* 51, 2007. – p. 675–83.
4. Booth, G.L., K. Fung, M.K. Kapral and J.V. Tu. Recent trends in cardiovascular complications among men and women with and without diabetes, *Diabetes Care*, 29. 2006. – p. 32–7.

OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF FUNCTIONAL FOODS WITH BENEFICIAL EFFECT ON THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

D. I. Frolov

On the basis of literary sources was selected raw materials included in the composition of functional foods, which has a beneficial effect on the cardiovascular system. Built mathematical models of the optimal component composition of raw materials - blueberries, raspberries, cherries, containing biologically active substances and functional components in raw materials - anthocyanins, polyphenols with antioxidant activity. The experiment was carried out using the simplex lattice plans (second order) for the ternary system (blueberry, raspberry, cherry), containing anthocyanins, polyphenolic substances with antioxidant activity. The model was used to obtain a functional food containing the biologically active substances with antioxidant activity. After the application of appropriate technological process, the functional properties of the berries were stored.

Keywords: functional foods, anthocyanins, polyphenolic substances, antioxidant activity.

References

1. Wei Zheng, and Shiow Y. Wang. Oxygen Radical Absorbing Capacity of Phenolics in Blueberries, Cranberries, Chokeberries, and Lingonberries. *J. Agric. Food Chem.*, 51 (2), 2003, p. 502–509.
2. Seeram, N.P. Berry fruits: Compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *J. Agric. Food Chem.* 56. – 2008, p. 627–629.
3. Zafra-Stone S., Yasmin T., Bagchi M., Chatterjee A., Vinson J.A., Bagchi D. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Mol. Nutr. Food Res.* 51, 2007. – p. 675–83.
4. Booth, G.L., K. Fung, M.K. Kapral and J.V. Tu. Recent trends in cardiovascular complications among men and women with and without diabetes, *Diabetes Care*, 29. 2006. – p. 32–7.