

УДК 664.144

Профессор Г.О. Магомедов, доцент А.А. Журавлев,
доцент Т.А. Шевякова, студентка Д.В. Седых
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского,
макаронного и зерноперерабатывающего производств.
тел. (473) 255-38-51
E-mail: 209777@mail.ru

Professor G.O. Magomedov, associate Professor A.A. Zhuravlev,
associate Professor T.A. Sheviakova, student D.V. Sedykh
(Voronezh s state university of engineering technology) Department of technology
of baking, confectionery, macaroni and grain processing productions.
phone (473) 255-38-51
E-mail: 209777@mail.ru

Использование функции Харрингтона для оптимизации рецептурного состава батончиков типа пралине

Use of function of Harrington for optimization of prescription structure bars like a praline

Реферат. Производство и потребление сахаристых кондитерских изделий занимает лидирующие позиции как в России, так и по всему миру в целом. Высокая сахароемкость, себестоимость, низкое содержание важных биологически активных веществ - витаминов, микро- и макроэлементов, пищевых волокон, является существенным недостатком этих изделий. В решении данной проблемы важную роль играет применение брака леденцовой карамели (карамельного порошкообразного полуфабриката) и продукта растительного сырья повышенной пищевой ценности - жмыха из амаранта. Проведена оптимизация рецептурного состава батончиков типа пралине на основе карамельного порошкообразного полуфабриката и жмыха из амаранта с использованием функции Харрингтона. В разработанных батончиках увеличивается количество белка в 3,32 раза; снижается сахароемкость в 1,33 раза; изделия обогащаются витаминами, минеральными веществами (кальцием в 4,25 раза; фосфором в 3,7 раза; железом в 9,60 раз) и пищевыми волокнами в 3,77 раза. Годовой экономический эффект от внедрения технологии батончиков на основе карамельного порошкообразного полуфабриката и жмыха амаранта при выработке 1 т составит 9100 руб.

Summary. Production and consumption sugary confectionery products takes leading positions as in Russia, and worldwide as a whole. The high sugar content, prime cost, the low content of important biologically active agents - vitamins, micro- and macronutrients, food fibers, is an essential lack of these products. In the solution of this problem an important role is played by application of marriage of candy caramel (a caramel powdery semi-finished product) and a product of vegetable raw materials of the raised nutrition value - cake from an amaranth. Optimization of prescription structure of bars like a praline on the basis of a caramel powdery semi-finished product and cake from an amaranth with Harrington function use is performed. In the developed bars the amount of protein by 3,32 times increases; the sugar content by 1,33 times decreases; products are enriched with vitamins, mineral substances (calcium by 4,25 times; phosphorus by 3,7 times; iron by 9,60 times) and food fibers by 3,77 times. Annual economic effect of introduction of technology of bars on the basis of a caramel powdery semi-finished product and amaranth cake at development of 1 t will make 9100 rub.

Ключевые слова: батончики типа пралине, карамельный порошкообразный полуфабрикат, жмых из амаранта.

Keywords: bars like a praline, a caramel powdery semi-finished product, amaranth cake.

Производство и потребление сахаристых кондитерских изделий занимает лидирующие позиции как в России, так и по всему миру в целом. На сегмент сахаристой кондитерской продукции в 2012 году приходилось более 50 % рынка. Высокая сахароемкость, себестоимость, низкое содержание важных биологически активных веществ - витаминов, микро- и макроэлементов, пищевых волокон, является существенным недостатком этих изделий. В решении данной проблемы важную роль играет применение брака леденцовой карамели (карамельного порошкообразного полуфабриката) и продукта растительного сырья повышенной

пищевой ценности - жмыха из амаранта [1].

В процессе производства леденцовой карамели на кондитерских фабриках появляется брак, который можно перерабатывать в карамельный порошок. Возможное использование брака леденцовой карамели не только сокращает затраты на дорогостоящее сырье (сахар-песок, патока), снижает себестоимость, но и позволяет получать изделия с совершенно новыми свойствами, тем самым расширяя ассортимент вырабатываемой продукции кондитерских изделий.

© Магомедов Г.О., Журавлев А.А.,
Шевякова Т.А., Седых Д.В., 2014

При огромном дефиците полноценного белка в питании амарант имеет большое значение как перспективная высокобелковая культура. Семена амаранта содержат до 15-17 % белка со сбалансированным аминокислотным составом, состоящего в основном из водорастворимых белков (альбуминов), и с практически полным отсутствием клейковинообразующих, что предопределяет возможность использования продуктов из семян амаранта для питания больных целиакией (непереносимостью глютена).

При извлечении масла из семян амаранта CO₂-экстракцией остается жмых или шрот – обезжиренная их часть. Происходящая в процессе прессования температурная обработка уменьшает активность ингибитора трипсина в 2 раза, что повышает питательную биологическую ценность жмыха амаранта.

Амарантовый жмых обладает высокой пищевой ценностью, сбалансированным аминокислотным и уникальным биохимическим составом, в частности, по содержанию мощных антиоксидантов, таких как – сквален (до 8 %), витамин Е (до 0,6 %), минеральных веществ (кальция, магния, железа, цинка, селена), клетчатки (12 %), пектина (до 15 %) [2].

Целью исследований является оптимизация рецептурного состава батончиков типа пралине на основе карамельного порошкообразного полуфабриката и жмыха из амаранта с использованием функции Харрингтона.

В работе исследовали 6 образцов батончиков типа пралине, приготовленных на основе карамельного порошкообразного полуфабриката (КПП) с добавлением жмыха из амаранта: 1 – контроль (батончик на основе сахарной пудры); 2 – батончик на основе КПП-100 %; 3 – батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 75:25; 4 – батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 50:50; 5 – батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 25:75; 6 – батончик на основе жмыха из амаранта 100 %. Внесение нетрадиционных видов сырья проводили взамен сахарной пудры по рецептуре конфеты «Парус». Соотношение КПП и жмыха из амаранта в рецептуре батончиков определено по результатам пробных лабораторных исследований на основании анализа органолептических и физико-химических показателей качества [3].

Предварительный анализ показал, что оценить качество исследуемых образцов батончиков типа пралине каким-либо одним показателем не представляется возможным. В связи с этим в качестве параметров оптимизации были приняты следующие показатели: y_1 – пластическая прочность кондитерской массы, кПа; y_2 – удельное усилие резания кондитерского жгута, кН/м²; y_3 – эффективная вязкость кондитерской массы, Па·с; y_4 – антиоксидантная активность, %; y_5 – биологическая ценность, % (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Значения функции желательности каждого параметра оптимизации для образцов батончиков на основе карамельного порошкообразного полуфабриката (КПП) с добавлением жмыха из амаранта

№ п/п	Образец	Пластическая прочность, кПа		Удельное усилие резания, кН/м ²		Эффективная вязкость, Па·с		Антиоксидантная активность		Биологическая ценность, %	
		y_1	d_1	y_2	d_2	y_3	d_3	y_4	d_4	y_5	d_5
1	Контроль (батончик типа пралине на сахарной пудре)	19,82	0,37	27,68	0,98	14,92	0,98	16,22	0,68	51,41	0,37
2	Батончик на основе КПП 100 %	49,30	0,98	50,81	0,37	17,80	0,37	13,47	0,37	51,41	0,37
3	Батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 75:25	42,50	0,95	49,08	0,47	16,40	0,87	17,23	0,76	73,53	0,95
4	Батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 50:50	35,47	0,87	37,40	0,90	15,63	0,95	20,14	0,90	80,2	0,98
5	Батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 25:75	28,50	0,71	30,95	0,96	15,30	0,97	22,19	0,95	81,71	0,98
6	Батончик на основе жмыха из амаранта 100 %	23,62	0,52	24,50	0,97	15,08	0,98	25,51	0,98	85,28	0,98

Нельзя говорить о превосходстве одного или нескольких образцов батончиков сразу по всем параметрам оптимизации. Так, например, по увеличению пластической прочности масс пралине можно расположить в следующем порядке: 1, 6, 5, 4, 3 и 2; по увеличению антиоксидантной активности: 2, 1, 3, 4, 5, 6. Кроме того, некоторые параметры оптимизации «находятся в конфликте» друг с другом. Таким образом, для выбора образцов, сочетающих оптимальные значения параметров оптимизации, необходимо применить комплексную оценку качества. При этом многокритериальная задача оптимизации должна быть сведена к однокритериальной.

Одним из комплексных показателей качества является обобщенная функция желательности, предложенная Харрингтоном, которая представляет собой среднее геометрическое частных функций желательности

$$D = \sqrt[q]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_q} \quad (1)$$

где $d_1, d_2, \dots, d_q$ – желательный уровень (частная функция желательности) 1-го, 2-го и т.д. параметра оптимизации (изменяется от 0 до 1); q – число параметров оптимизации [4, 5].

Зависимость (1) позволяет заменить несколько параметров оптимизации одним.

На параметры оптимизации были наложены следующие односторонние ограничения: $y_1 \geq 19$ кПа; $y_2 \leq 52$ кН/м²; $y_3 \geq 14$ Па·с; $y_4 \geq 13$; $y_5 \geq 50$ %. При этом условия оптимизации представлены в виде $y_1, y_3, y_4, y_5 \rightarrow \max$ и $y_2 \rightarrow \min$.

В случае односторонних ограничений на параметры оптимизации частная функция желательности d_i имеет известный вид (рисунок 1):

$$d_i = \exp \left[-\exp \left(-y_i' \right) \right] \quad (2)$$

где y_i' – некоторая безразмерная величина, связанная с параметром оптимизации y_i линейным законом:

$$y_i' = b_0 + b_1 y_i \quad (3)$$

где b_0, b_1 – коэффициенты, которые можно определить, если для двух значений параметра оптимизации y_i задать соответствующие значения частной функции желательности.

Для определения коэффициентов b_0, b_1 был использован следующий прием: худшему значению параметра оптимизации y_i присваивали значение желательности, равное 0,37, а лучшему – значение желательности, равное 0,98 (таблица 1, рисунок 1).

Для параметра оптимизации y_1 , согласно уравнению (2), имеем:

$$0,37 = \exp \left[-\exp \left(-y_1' \right) \right], \text{ отсюда } y_1' = 0;$$

$$0,98 = \exp \left[-\exp \left(-y_1' \right) \right], \text{ отсюда } y_1' = 3,922$$

Согласно (3) для параметра оптимизации y_1 имеем систему уравнений для определения коэффициентов b_0, b_1 :

$$\begin{cases} b_0 + b_1 \cdot 19,82 = 0 \\ b_0 + b_1 \cdot 49,30 = 3,922 \end{cases}$$

где 19,82 – худшее значение параметра оптимизации y_1 , зафиксированное для образца 1; 49,30 – лучшее значение пластической прочности массы пралине, достигнутое в образце 2 (табл. 1).

Решая систему, находим: $b_0 = -2,64$ и $b_1 =$

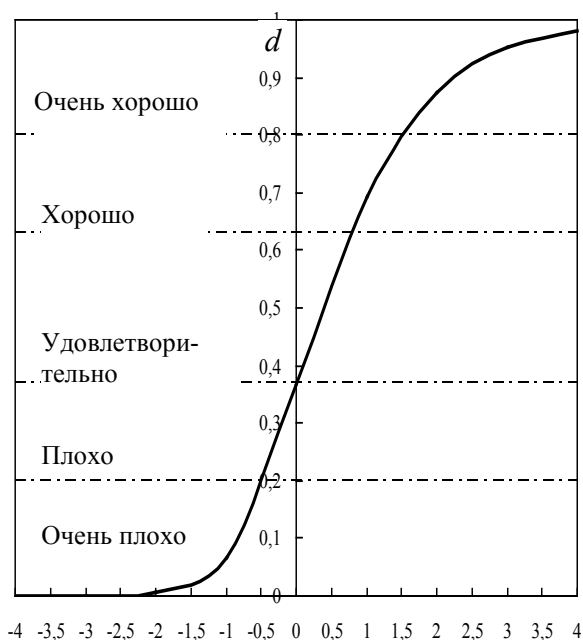


Рисунок 1. Частная функция желательности для одностороннего ограничения [5]

Аналогично найдены значения коэффициентов для остальных параметров оптимизации (таблица 2).

Таблица 2
К расчету коэффициентов уравнения (3)

Параметр оптимизации	y_i	d_i	y_i'	b_0	b_1
y_1	19,82	0,37	0	-2,64	0,13
	49,3	0,98	3,922		
y_2	50,81	0,37	0	8,62	-0,17
	27,68	0,98	3,922		
y_3	17,80	0,37	0	24,24	-1,36
	14,92	0,98	3,922		
y_4	13,47	0,37	0	-4,39	0,33
	25,51	0,98	3,922		
y_5	51,41	0,37	0	-5,95	0,12

	85,28	0,98	3,922		
--	-------	------	-------	--	--

Таким образом, частные функции желательности принимают вид:

$$\begin{aligned}d_1 &= \exp[-\exp(2,64 - 0,047y_1)]; \\d_2 &= \exp[-\exp(-8,62 + 0,17y_2)]; \\d_3 &= \exp[-\exp(-24,24 + 1,36y_3)]; \\d_4 &= \exp[-\exp(4,39 - 0,33y_4)]; \\d_5 &= \exp[-\exp(5,95 - 0,12y_5)].\end{aligned}$$

Значения частных функций желательности для всех рассмотренных образцов батончиков представлены в таблице 1.

Обобщенная функция желательности рассчитана по формуле (1), ранжирование образцов в порядке убывания значения обобщенной функции желательности представлено на рисунке 2.

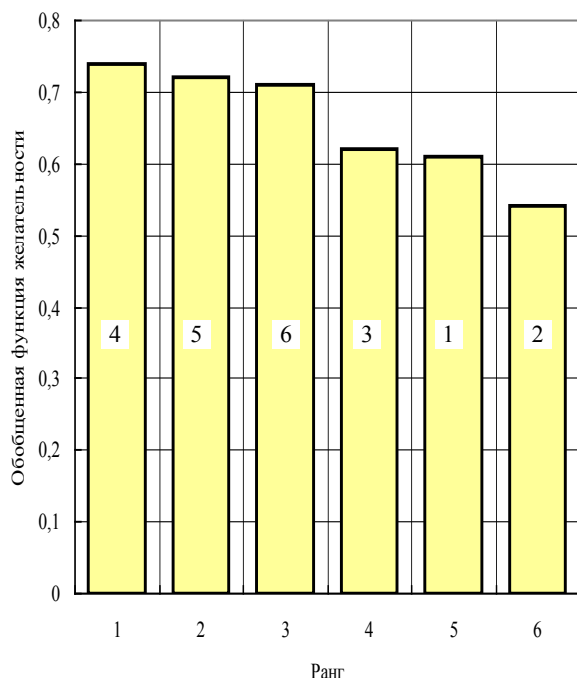


Рисунок 2. Ранжирование образцов батончиков типа пралине в порядке убывания значения обобщенной функции желательности

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шмалько Н. А., Росляков Ю.Ф. Амарант в пищевой промышленности. Краснодар: Просвещение – Юг, 2011. 489 с.
- 2 Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Олейникова А.Я., Шевякова Т.А. и др. Жмых амаранта – перспективное сырье в производстве печенья повышенной пищевой ценности // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с

Наихудшим следует признать батончик, приготовленный на карамельном порошкообразном полуфабрикате с содержанием его 100 % (образец 2), который характеризовался наиболее плохим набором частных параметров оптимизации и наименьшим значением обобщенной функции желательности.

Наибольшее значение обобщенной функции желательности имеет образец 4 (батончик на основе карамельного порошкообразного полуфабриката с добавлением жмыха из амаранта (50:50)), так как ему принадлежит лучший набор всех частных параметров оптимизации (рисунок 2).

Образцы 5, 6 обладают близкими значениями обобщенной функции желательности к образцу 4. Однако образец 6 (батончик с 100 % содержанием жмыха из амаранта) уступает образцу 5 (батончик на основе карамельного порошкообразного полуфабриката с добавлением жмыха из амаранта при соотношении 25:75) по органолептическим показателям: был отмечен горьковатый привкус и ярко выраженный амарантовый запах.

На основании проведенных исследований разработана рецептура батончиков: «Крепыш» на основе карамельного порошкообразного полуфабриката с добавлением жмыха из амаранта (50:50).

Также установлено, что в разработанных батончиках «Крепыш» увеличивается количество белка в 3,32 раза; снижается сахароемкость в 1,33 раза; изделия обогащаются витаминами, минеральными веществами (кальцием в 4,25 раза; фосфором в 3,7 раза; железом в 9,60 раз) и пищевыми волокнами в 3,77 раза. Годовой экономический эффект от внедрения технологии батончиков на основе карамельного порошкообразного полуфабриката и жмыха амаранта при выработке 1 т составит 9100 руб.

Предложенную технологию батончиков типа пралине можно рекомендовать предприятиям кондитерской отрасли для внедрения и выпуска продукции на современных поточно-механизированных линиях.

международным участием.- 22-24 мая 2013 г. Бийск: БТИ АлтГТУ, 2013. С. 398-401.

- 3 Шевякова Т.А., Журавлев А.А., Седых Д.В. Экспериментальное исследование резания батончиков типа пралине // Международная научно-техническая конференция (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» 3-4 декабря 2013 г. Воронеж: ВГУИТ, 2013. С. 423-426.

4 Плотникова И.В., Журавлев А.А., Олейникова А.Я., Шевякова Т.А. и др. Оптимизация рецептуры мини-зефира на желатине с гуммиарабиком // Кондитерское производство. 2013. № 5. С. 10-11.

5 Дерканосова Н.М., Журавлев А.А., Сорокина И.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Практикум: учеб. пособие. Воронеж: ВГТА, 2011. 196 с.

REFERENCES

1 Shmal'ko N. A., Rosliakov Iu.F. Amarant v pishchevoi promyshlennosti [Amarant in the food industry]. Krasnodar, Prosveshchenie-Iug, 2011. 489 p. (In Russ.).

2 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Oleinikova A.Ia., Sheviakova T.A. et al. Amaranth cake - perspective raw materials in production of cookies of the raised nutrition value. Materialy VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem [Materials VI of the All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with the international participation]. Biisk, BTI AltGTU, 2013. pp. 398-401. (In Russ.).

3 Sheviakova T.A., Zhuravlev A.A., Sedykh D.V. Pilot study of cutting of bars like a praline. Mezhdunarodnaia nauchno-tehnicheskaya konferentsiya "Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoi promyshlennosti: nauka, obrazovanie i proizvodstvo" [International scientific and technical conference (correspondence) "Innovative technologies in the food industry: science, education and production"]. Voronezh, VGUI, 2013. pp. 423-426. (In Russ.).

4 Plotnikova I.V., Zhuravlev A.A., Oleinikova A.Ia., Sheviakova T.A. Optimization of a compounding of a mini-zephyr on gelatin with arabic gum. *Konditerskoe proizvodstvo*. [Confectionery production], 2013, no. 5, pp. 10-11. (In Russ.).

5 Derkanosova N.M., Zhuravlev A.A., Sorokina I.A. Modelirovanie i optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov pishchevykh proizvodstv [Modeling and optimization of technological processes of food productions. Practical work]. Voronezh: VGTA, 2011. 196 p. (In Russ.).