

УДК 663/.664:001.891-053

ANALYSIS OF MANUFACTURING CHEWING CARAMEL OF DIETARY AND FUNCTIONAL USE AS A BIG TECHNOLOGICAL SYSTEM

A. Dorohovich, O. Bozhok

National University of Food Technologies

Key words:

*Chewing caramel
Technological systems
Glycemic index
Isomalt
Fructose*

Article history:

Received 03.07.2016
Received in revised form
26.07.2016
Accepted 18.08.2016

Corresponding author:

A. Dorohovich
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The manufacturing technology of chewing caramel on the basis of rational use of isomalt and fructose is described, which provides chewing caramel with the status of 'dietary and functional product'. This technology has been examined as a big technological system including its dividing into subsystems. The optimum parameters of technological processes of each subsystem have been determined. The manufacturing of chewing caramel can also be divided into subsystems. The main purpose of the whole system is the production of competitive products; therefore, optimization of separate parameters will increase the performance of the whole system.

АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ЖУВАЛЬНОЇ КАРАМЕЛІ ДІЄТИЧНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЯК ВЕЛИКОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

А.М. Дорохович, О.С. Божок

Національний університет харчових технологій

У статті описано технологію виготовлення жувальної карамелі на основі раціонального використання суміші ізомальту і фруктози, що забезпечує жувальній карамелі статус «дієтично-функціональний продукт». Технологію виготовлення карамелі розглянуто як велику технологічну систему з розподілом на підсистеми, параметри оптимізації яких забезпечують ефективність великої системи. Встановлено значення оптимальних параметрів технологічних процесів кожної підсистеми.

Ключові слова: *жувальна карамель, технологічна система, глікемічний індекс, ізомальт, фруктоза.*

Постановка проблеми. Кондитерські вироби не є продуктами здорового харчування. Склад їх переважаний легкозасвоюваними вуглеводнями (головним чином сахарозою), вони мають мізерну кількість вітамінів і мінеральних речовин. Але кондитерські вироби завдяки чудовим органолептич-

ним показникам користуються великим попитом у всіх верств населення і з кожним роком попит на них збільшується. З метою розширення існуючого асортименту кондитерських виробів і задоволення потреб різних груп населення доцільно збагачувати вміст кондитерських виробів фізіологічно-функціональними сировинними інгредієнтами, використовувати сировину з низьким глікемічним індексом (ГІ) та пониженою калорійністю.

Виробництво м'якої карамелі за кордоном здійснюється на потоко-механізованих лініях з використанням складного обладнання, пропонується застосування екструзійного та коекструзійного способу оброблення карамельної маси. У Національному університеті харчових технологій (Україна) під керівництвом проф. А.М. Дорохович аспірантом В.М. Яценко була розглянута технологія виробництва жувальної карамелі з позиції системного аналізу, що передбачає розподіл великої технологічної системи на такі підсистеми [7]:

- підсистема С₁: приготування карамельного сиропу;
- підсистема С₂: приготування карамельної маси;
- підсистема С₃: приготування желатинової маси;
- підсистема С₄: приготування жувальної карамельної маси;
- підсистема В₁: формування жувальної карамелі;
- підсистема А: загортання та пакування жувальної карамелі.

Технологія жувальної карамелі, запропонована аспірантом В.М. Яценко, передбачає виробництво жувальної карамелі на основі цукру білого кристалічного, карамельної патоки, желатину, кислоти, ароматизатора і барвника. Така карамель має відповідні органолептичні показники (смак, аромат) і дуже добрий жувальний ефект, але вона не має функціональних(оздоровчих) властивостей і її не можна рекомендувати для споживання хворими на цукровий діабет.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел засвідчив, що термін «система» не має однозначного трактування. На нашу думку, найбільш обґрунтованою є характеристика системи, запропонована В.В. Садовським [5]: «Система — це упорядкована певним чином множина різноманітних елементів, що взаємопов'язані між собою, утворюють певну єдність, властивості якої перевищують суму властивостей елементів, з яких вона складається».

Спираючись на фундаментальне визначення теорії систем, В.А. Панфілов визначив п'ять характерних особливостей технологічної системи виробництва кондитерських виробів:

1. Наявність мети функціонування.
2. Наявність управління.
3. Система має визначену структуру і складається з підсистем.
4. Ієрархічність будови системи.
5. Наявність зміни стану елементів, але без зміни структури графа [5, 6].

В.А. Панфілов запропонував класифікацію підсистем для кондитерського виробництва [5, 6]. Підсистеми, які характеризують підготовку сировини до виробництва та виробництво напівфабрикатів, позначають літерами С₁, С₂, С₃...С_n; підсистеми, що характеризують основні технологічні процеси, літерами В₁, В₂, В₃...В_n; підсистеми, що пов'язані із процесами пакування та зберігання, літерою А.

Аналіз технології кондитерських виробів з точки зору системного підходу має такі переваги: забезпечує найкращі показники якості готового продукту при мінімальних витратах сировинних і енергетичних ресурсів. Це пояснюється тим, що на кожному етапі технологічного процесу (підсистеми) встановлюються і дотримуються оптимальні показники. А.М. Дорохович у підручнику «Технологія карамелі» технології виробництва льодяникової карамелі і карамелі з начинкою розглядаються як великі технологічні системи з розподілом на підсистеми. Крім того, автор визначає параметри оптимізації кожної підсистеми [1], однак технологія жувальної карамелі має особливості, які необхідно враховувати при розгляді її як великої технологічної системи.

Зараз у світі поширилось виробництво харчових продуктів спеціального призначення, які враховують вимоги нутриціології до харчування різних груп населення залежно від віку, фізичного навантаження, стану здоров'я. Згідно із Законом України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» (2007 р.), «харчові продукти для спеціального дієтичного вживання — це харчові продукти, спеціально перероблені або розроблені з метою задоволення конкретних дієтичних потреб, які виникають у певних груп населення в залежності від конкретного фізичного чи фізіологічного стану людини» [4]. А.М. Дорохович запропонувала науково обґрунтовану класифікацію кондитерських виробів спеціального призначення. Відповідно до запропонованої класифікації, кондитерські вироби спеціального призначення поділяються на такі групи: вироби з функціональними властивостями; вироби з дієтичними властивостями; вироби з дієтично-функціональними властивостями; вироби для харчування людей з аліментарними порушеннями функцій організму; вироби для немовлят; вироби лікувального призначення.

Авторами пропонованого дослідження проведено великий комплекс досліджень зі встановлення можливостей надання жувальній карамелі статусу «дієтично-функціональний харчовий продукт» [2, 3]. Визначено, що раціональне використання суміші моносахариду фруктози і цукрозамінника поліола ізомальту забезпечить жувальній карамелі статус «дієтично-функціональний продукт». На відміну від сахарози, глікемічний індекс якої дорівнює 68 %, фруктоза має глікемічний індекс — 20 %, тому її можна рекомендувати споживати хворим на цукровий діабет. Недоліком фруктози, що обмежує використання її як замітника сахарози при виробництві жувальної карамелі, є її велика гігроскопічність. Зараз на ринку України поширилось використання цукрозаміннику ізомальту, який має $GI = 3$ %, низьку гігроскопічність і властивості пребіотика, тобто використання ізомальту забезпечує статус «функціональний продукт». Використання суміші ізомальту і фруктози забезпечить жувальній карамелі статус «дієтично-функціональний продукт».

Метою статті є розгляд удосконаленої технології виготовлення жувальної карамелі на основі раціонального використання суміші ізомальту і фруктози, що забезпечує жувальній карамелі статус «дієтично-функціональний продукт», як великої технологічної системи з розподілом на підсистеми і встановлення значень оптимальних параметрів технологічних процесів кожної підсистеми.

Виклад основних результатів дослідження. При проведенні дослідження були застосовані такі методи: оптимальне співвідношення ізомальт-фруктоза

було встановлено за допомогою математичного методу багатofакторного планування експерименту; структурно-механічні властивості карамельної жувальної маси визначали з урахуванням значення граничної напруги зсуву, сорбційно-десорбційно властивості жувальної карамелі визначали на приладі Мак-Бена.

Технологія жувальної карамелі дієтично-функціонального призначення на основі використання суміші ізомальту і фруктози потребувала суттєвих змін у технології жувальної карамелі на цукрі білому кристалічному. Завдання полягало в тому, щоб розробити жувальну карамель з низьким ГІ. Для цього необхідно було виключити карамельну патоку з рецептурного складу через те, що в склад патоки входить глюкоза (ГІ =100 %) і мальтоза (ГІ =105 %). Карамельна патока при виробництві жувальної карамелі використовується як антикристалізатор. Роль антикристалізатора при виробництві карамелі на суміші ізомальт-фруктоза виконує фруктоза. Авторами дослідження запропоновано два способи формування жувальної карамелі: на агрегатах типу ІФЗ, КФЗ і методом відливання в поліпропіленові форми, тому розроблена технологія жувальної карамелі дієтично-функціонального призначення потребувала суттєвих змін. На рис. 1 наведена технологія жувальної карамелі на основі суміші ізомальт-фруктоза як велика технологічна система. Для кожної підсистеми розроблена параметрична схема, визначені вхідні некеровані і керовані фактори дії та вихідні параметри оптимізації технологічних процесів.



Рис. 1. Виробництво жувальної карамелі дієтично-функціонального призначення (велика технологічна система)

На рис. 2 наведена параметрична схема підсистеми C_1 — приготування карамельного сиропу. Приготування карамельного сиропу здійснюється в дисурторі.

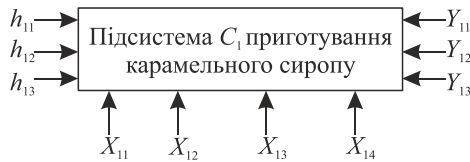


Рис. 2. Параметрична схема підсистеми: C_1 — приготування карамельного сиропу: h_{11} , h_{12} , h_{13} — якість фруктози, ізомальту, води (некеровані фактори); X_{11} , X_{12} , X_{13} — кількість фруктози, ізомальту, води (керовані фактори); X_{14} — тривалість уварювання сиропу. Вихідні параметри: Y_{11} — вологість карамельного сиропу, %; Y_{12} — співвідношення кількості ізомальту та фруктози, %; Y_{13} — температура сиропу, К (°С)

Параметром оптимізації є Y_{12} — співвідношення X_{11} , X_{12} , що забезпечує в жувальній карамелі необхідний жувальний ефект і запобігає зволоженню та кристалізації при зберіганні:

$$Y_{12} = f(h_{11}, h_{12}, h_{13}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}) \Rightarrow \text{оптимум} = 75:25.$$

Варто зауважити, що співвідношення ізомальту і фруктози, становить 75:25 [2]. Приготування карамельної маси здійснюється в змійовикових вакуум-апаратах типу 33-А-5 (33-А-10) .

На рис. 3 наведена параметрична схема підсистеми C_2 приготування карамельної маси, де некерований фактор дії h_{21} — якість карамельного сиропу. Керовані фактори дії: X_{21} — тривалість уварювання (55—60 с), X_{22} — тиск гріючої пари P , атм, X_{23} — розрідження у вакуум-апараті. Вихідні параметри Y_{21} . температура карамельної маси К/°С, Y_{22} — вологість карамельної маси, %. Параметром оптимізації обрано вихідний параметр Y_{22} — вологість карамельної маси:

$$Y_{22} = f(h_{21}, X_{21}, X_{22}, X_{23}) \rightarrow \text{оптимум} = 2,0 \%$$

Значення $Y_{22} = 2 \%$ досягається за час уварювання, що складає 2·60 с (X_{21}), тиск гріючої пари (X_{22}) = 6 атм, розрідження (X_{23}) — 600 мм.рт.ст.



Рис. 3. Параметрична схема приготування карамельної маси

Параметрична схема підсистеми C_3 — приготування желатинової маси наведена на рис. 4, де h_{31} , h_{32} — якість желатину, якість води — некеровані фактори дії; X_{31} , X_{32} — кількість желатину, кількість води; X_{33} — температура води для розчинення желатину К/°С — керовані фактори дії. Вихідні параметри: Y_{31} — співвідношення желатин:вода у желатиновій масі, Y_{32} — температура желатинової маси. Параметром оптимізації є Y_{31} :

$$Y_{31} = f(h_{31}, h_{32}, X_{31}, X_{32}, X_{33}) \rightarrow \text{оптимум} = 1:2.$$

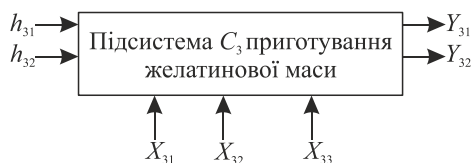


Рис. 4. Параметрична схема підсистеми C₃

Приготування жувальної карамельної маси здійснюється в міксмашинах з пароводяним обігрівом. У міксмашинах завантажуються гаряча карамельна маса, желатинова маса за температури 343—348 К та пудра ізомальту.

На рис. 5 наведена параметрична схема підсистеми C₄ — приготування жувальної карамельної маси, де некеровані фактори дії: h_{41} , h_{42} , h_{43} , h_{44} , h_{45} — якість карамельної маси, якість желатинової маси, якість ізомальтової пудри, якість ароматизатора, якість кислоти. Керовані фактори: X_{41} , X_{42} , X_{43} , X_{44} , X_{45} — кількість карамельної маси, желатинової маси, ізомальтної пудри, ароматизатора і кислоти; X_{46} — температура охолодження жувальної маси; X_{47} — час охолодження. Вихідні параметри: Y_{41} — смак і аромат жувальної маси, Y_{42} — структурно-механічні властивості при різних температурах жувальної карамельної маси.

Параметром оптимізації підсистеми C₄ є Y_{42} :

$$Y_{42} = f(h_{41}, h_{42}, h_{43}, h_{44}, h_{45}, X_{41}, X_{42}, X_{43}, X_{44}, X_{45}, X_{46}, X_{47}) \rightarrow \text{оптимум.}$$

Оптимальне значення Y_{42} при формуванні карамелі на агрегатах КФЗ, ІФЗ складас 1,38 — 1,4 кПа, для формування карамелі методом відливання — 0,4 — 0,6 кПа.



Рис. 5. Параметрична схема підсистеми C₄

Було проведено комплекс досліджень з визначення впливу температури жувальної карамельної маси на значення структурно-механічних властивостей, що характеризують граничну напругу зсуву.

На рис. 6 наведена залежність граничної напруги зсуву від температури жувальної карамельної маси.

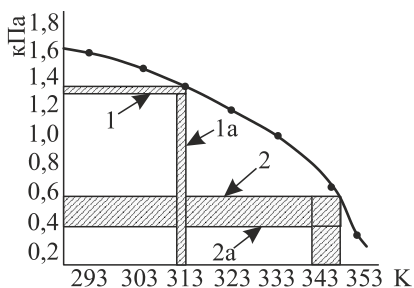


Рис. 6. Залежність граничної напруги зсуву П (кПа) від температури жувальної карамельної маси, де 1 і 1а — структурно-механічні властивості, що забезпечують умови формування на агрегатах КФЗ, ІФЗ при таких температурних умовах: $T_1 = 313—315$ К; 2 і 2а — структурно-механічні властивості жувальної карамелі, що забезпечують умови формування методом відливання у поліпропіленові форми, температурні умови $T_2 = 343—348$ К

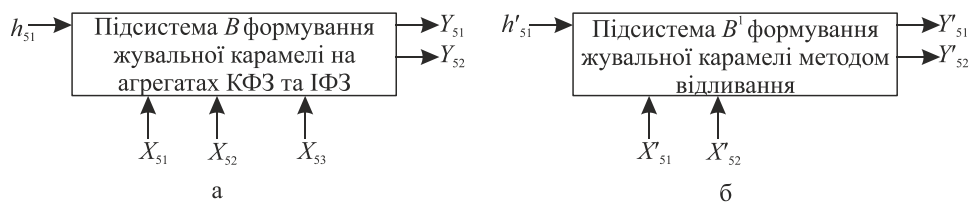


Рис. 7. Параметрична схема підсистеми B і B^1 формування жувальної карамелі

На рис. 7 наведена параметрична схема підсистеми B — формування карамелі для двох способів формування: рис. 7а — формування на агрегатах ІФЗ, КФЗ, рис. 7б — методом відливання машинами типу NNT-203.

При формуванні на агрегатах КФЗ, ІФЗ (рис.7а): некеровані фактори: h_{51} — якість жувальної карамельної маси при охолодженні до 318 К і < К; керовані фактори: X_{51} — температура жувальної маси під час формування; X_{52} — формування карамельного джгута; X_{52} — розрізання карамельного джгута на окремі карамелі; X_{53} — загортання карамелі.

Y_{51} — якість відформованої і загорнутої карамелі.

$Y_{52} = f(h_{51}, X_{51}, X_{52}, X_{53}, X_{54})$ → кількість шт загорнутої карамелі в 1 кг (згідно з рецептурою — 225 шт.).

Формування карамелі методом відливання на відливальних машинах типу NNT-203 (рис.7б): h'_{51} — якість жувальної карамельної маси 343—348 К; X'_{51} — температура обігріву рубашки відливальної установки під час формування; X'_{52} — частота відливання, такт/хв.

Y'_{51} — якість відформованої карамелі.

$Y'_{52} = f(h'_{51}, X'_{51}, X'_{52})$ → Кількість незагорнутої карамелі в 1кг, шт. (згідно з розробленою рецептурою — 147 шт.).

На рис. 8а, 8б наведена параметрична схема підсистеми A — пакування та зберігання жувальної карамелі та підсистеми A^1 — загортання, пакування та зберігання жувальної карамелі відформованої методом відливання.

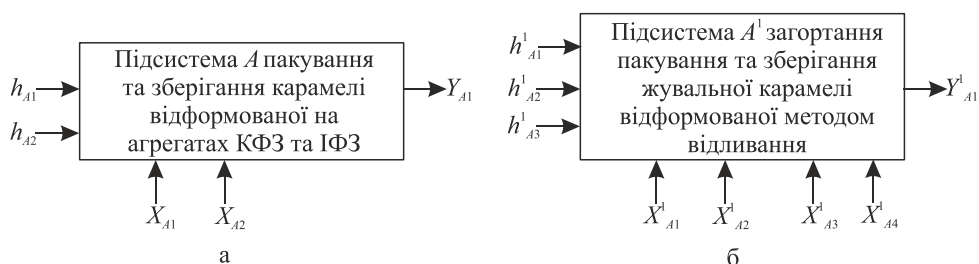


Рис. 8. Параметрична схема підсистеми A та A^1 , де h_{A1} та h_{A2} — якість загорнутої карамелі і якість пакувального матеріалу — некеровані фактори; X_{A1}, X_{A2} — кількість штук загорнутої карамелі в одній упаковці (пакування по 250 г, 500 г)

Підсистема A^1 — загортання, пакування та зберігання карамелі відформованої методом відливання у поліпропіленові форми: h'_{A1} — якість відформованої карамелі; h'_{A2} — якість загортальних матеріалів; h'_{A3} — якість пакувальних матеріалів; X'_{A1} — кількість незагорнутої карамелі в 1 кг; X'_{A2} — кількість

загортальних матеріалів для загортання 1 кг карамелі; X_{A3}^1 — кількість загорнутих цукерок в одиниці упаковки (упаковка по 250 г, 500 г); X_{A4}^1 — кількість пакувальних матеріалів для пакування карамелі в одиницю групової упаковки. Вихідними параметрами є Y_A та Y_A^1 — точна вага однієї упаковки.

$Y_A = f(h_{A1}, h_{A2}, X_{A1}, X_{A2}) = >$ оптимум (250 г, 500 г) (відхилення ваги $\pm 1,5\%$);

$Y_A^1 = f(h_{A1}^1, h_{A2}^1, h_{A3}^1, X_{A1}^1, X_{A2}^1, X_{A3}^1, X_{A4}^1) = >$ оптимум (250 г, 500 г) (відхилення ваги $\pm 1,5\%$).

Підсистема А — пакування та зберігання жувальної карамелі, що виготовлена на основі ізомальту та фруктози повинна відповідати вимогам ТУ «Карамель жувальна» ТУУ 00382191.002-99. Згідно з ТУ, жувальна карамель повинна зберігатись при температурі 291 ± 3 К, відносній вологості повітря не вище 75 %. Термін зберігання 6 місяців. Для встановлення відповідності жувальної карамелі на ізомальті і фруктозі в умовах, що наведені в технічних умовах ТУУ 00382191.002-99, проведено комплекс досліджень з визначення сорбційних властивостей жувальної карамелі при зберіганні її за відносної вологості повітря від 0 до 100 % (рис. 9а, б)

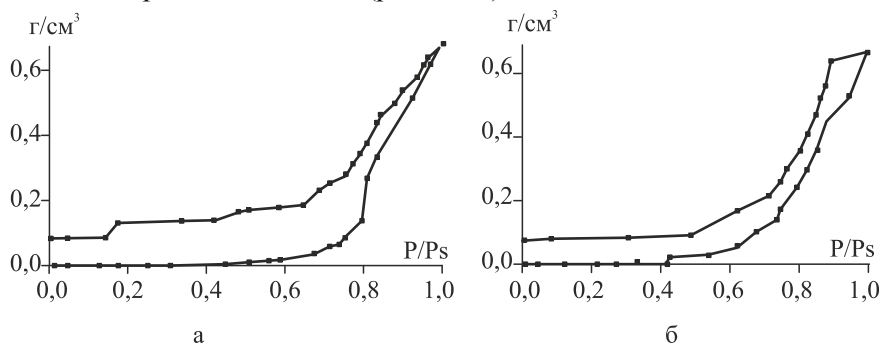


Рис. 9. Ізотерми сорбцій ($a_w = 0,0—1,0$) і десорбцій ($a_w = 1,0—0,0$) жувальної карамелі: а — на цукрі білому кристалічному; б — на ізомальті та фруктозі

У табл. 1 представлено дані оброблення ізотерм сорбції жувальної карамелі, яка виготовлена з використанням цукру білого кристалічного, суміші ізомальту і фруктози.

Таблиця 1. Вміст води за ізотермами сорбції

№	Вид карамелі	Вміст води за зонами ізотерм, %	
		$a_w = 0,70$	$a_w = 0,75$
1.	Жувальна карамель на цукрі білому	$8 \pm 0,5$	$8,2 \pm 0,5$
2.	Жувальна карамель на ізомальті та фруктозі	$8 \pm 0,5$	$8,5 \pm 0,5$

Досліди показали, що рівноважна вологість жувальної карамелі на фруктозі та ізомальті при $a_w = 0,70—0,75$ дорівнює $(8,0—8,5)\% \pm 0,5\%$, що відповідає вологості карамелі згідно з рецептурою, яка дорівнює $8 \pm 1\%$. Отримані дані свідчать про те, що рівноважна вологість карамелі за зберігання її при відносній вологості $\phi = 70—75\%$ ($a_w = 0,7—0,75$) буде відповідати вологості карамелі згідно з рецептурою. Це вказує на те, що карамель, виготовлена на

суміші ізомальт-фруктоза, як і карамель, що виготовлена на цукрі білому кристалічному, при зберіганні не буде ні поглинати, ні втрачати вологи. Гарантований термін зберігання жувальної карамелі на ізомальті і фруктозі залишається, як і в цукрі білому, 6 місяців.

Висновки

Розроблена удосконалена технологія жувальної карамелі на основі моносахариду фруктози і поліолу (цукрозамінника) ізомальту зі статусом «дієтично-функціональний продукт». Технологія розглянута як велика технологічна система з розподілом на підсистеми, визначені параметри оптимізації для кожної підсистеми. Для підсистеми C_1 — приготування карамельного сиропу параметром оптимізації є оптимальне співвідношення ізомальту і фруктози, яке становить 75:25, що гарантує готовій карамелі потрібний жувальний ефект. Для підсистеми C_2 — приготування карамельної маси параметром оптимізації є вологість маси, яка дорівнює 2 %. Для підсистеми C_3 — приготування желатинової маси параметром оптимізації є співвідношення желатин і вода — 1:2. Для підсистеми C_4 — приготування жувальної карамельної маси при раціональному співвідношенні кількості карамельної, желатинової маси, пудри ізомальту параметром є температура жувальної карамельної маси, що забезпечує необхідний жувальний ефект карамелі (кількість 38—40 жувальних рухів за 60 с) і структурно-механічні властивості жувальної карамельної маси: гранична напругу зсуву 1,38—1,40кПа при формування карамелі на агрегатах КФЗ і ІФЗ і гранична напруга зсуву 0,4—0,6 кПа при формуванні маси методом відливання у поліпропіленові форми. Для підсистеми B — формування карамелі на агрегатах КФЗ і ІФЗ параметром оптимізації є кількість загорнутої карамелі в 1кг, шт. (225 шт.). При формуванні жувальної карамелі методом відливання у поліпропіленові форми кількість загорнутої карамелі в 1кг — 144 шт. Параметром оптимізації підсистеми A є точна вага однієї упаковки жувальної карамелі. Жувальна карамель на основі ізомальту-фруктози заслуговує статус «дієтично-функціональний продукт» і її доцільно споживати всім групам населення, в тому числі хворим на цукровий діабет.

Література

1. *Дорохович А.М.* Технологія карамелі / А.М. Дорохович. — Київ: Інкос, 2011. — 191 с.
2. *Дорохович А.М.* Жевательная карамель диетически функционального назначения на основе полиола изомальта и моносахарида фруктозы / А.М. Дорохович, О.С. Божок // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. — 2014. — Volume 2, # 5. — С. 14—16.
3. *Дорохович А.Н.* Жевательная карамель с физиологически функциональными и диетическими свойствами для детей, которая отвечает требованиям нутрициологии / А.Н. Дорохович, О.М. Костенко, А.С. Божок, О.С. Зай // Продукты & Ингредиенты. — 2013. — № 3. — С. 16—18.
4. Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2809-15>.
5. *Панфилов В.А.* Научные основы развития технологических линий пищевых производств. — Москва: Агропромиздат, 1986. — 225 с.
6. *Панфилов В.А.* Технологические линии пищевых производств. — Москва: Пищевая промышленность, 1996. — 380 с.

7. Яценко В.М. Розробка раціональних технологій нових кондитерських виробів на основі желатину: Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Національний університет харчових технологій. — Київ, 2002. — 209 арк. — Бібліогр.: арк. 159—171.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕВАТЕЛЬНОЙ КАРАМЕЛИ ДИЕТИЧЕСКО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАК БОЛЬШОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.Н. Дорохович, А.С. Божок

Национальный университет пищевых технологий

В статье описана технология изготовления жевательной карамели на основе рационального использования смеси изомальта и фруктозы, что обеспечивает жевательной карамели статус «диетическо-функциональный продукт». Технология изготовления карамели рассмотрена как большая технологическая система с делением на подсистемы. Параметры оптимизации подсистем оказывают определяющее влияние на эффективность большой системы. Для каждой подсистемы установлено значение оптимальных параметров технологических процессов.

Ключевые слова: жевательная карамель, технологическая система, гликемический индекс, изомальт, фруктоза.