



Инновационная технология жевательной карамели диетического назначения на основе полиола изомальта и моносахарида фруктозы

Дорохович А.Н., д.т.н., Божок А.С., асп.
Национальный университет пищевых технологий г.Киев, Украина

INNOVATION TECHNOLOGY OF DIETARY PURPOSE CHEWING CAMEL PRODUCTION ON BASIS OF ISOMALT POLIOL AND FRUCTOSE MONOSACCHARIDE

A. Dorochovich, PhD of Technical Sciences, A. Bozhok, postgraduate student
National university of food technologies, Kiev, Ukraine

Abstract

The article is devoted to dietary purpose chewing caramel production on basis of fructose monosaccharide and isomalt polioli, which can be consumed by all groups of population, including diabetes mellitus patients. The optimal dosage of recipe components : isomalt : fructose : gelatin was worked out by means of mathematical method (multiple-factor planning of experiment). The chewing caramel innovation technology of production, which is presented as a big technological scheme with subsystems allocation, is worked out. The general optimization criterion of system functioning and separate subsystems was determined.

Keywords: sweetener, moisture kinetics, dietetic caramel

Введение

Жевательная карамель пользуется большим спросом у всех групп населения, особенно у детей и подростков. Анализ рынка показывает, что в основном жевательную карамель вырабатывают на основе сахарозы (сахар белый кристаллический) и глюкозы. Такую карамель не рекомендуется употреблять больным сахарным диабетом потому, что оба сахара имеют высокий гликемический индекс (ГИ): у глюкозы ГИ=100%, у сахарозы ГИ =66%. Сахарный диабет это широко распространенное заболевание среди населения нашей планеты. Так, согласно данным Международной федерации диабета, в 2011 году количество больных сахарным диабетом достигло 366 миллионов и, согласно прогнозу, в 2030 году число больных увеличится до 552 миллионов.

Перед нами было поставлено задание изготовить жевательную карамель, которую могут употреблять все группы населения, в том числе больные сахарным диабетом.

Материалы и методы

В работе было использовано сырье : фруктоза (США, "ADM"), изомальт (США, "CK Products"), сахар белый кристаллический (Украина, ДСТУ

4623:2006), желатин пищевой быстрорастворимый (П-11) (ГОСТ 11293-89).

Были использованы следующие методы: содержание сухих веществ определяли согласно ГОСТ 5900-73, исследование сорбционно-десорбционных свойств готового продукта проводили с помощью установки Мак-Бена, калорийность продукта определяли на основе энергетических показателей белков, жиров, углеводов. Расчёт показателей гликемичности (ПГ) делали согласно методике разработанной в НУПТ [1]. Для определения оптимального рецептурного состава жевательной карамели был использован математический метод многофакторного планирования эксперимента.

Результаты и обсуждение

В настоящее время разработаны сахарозаменители нового поколения, которые имеют низкий ГИ и пониженную калорийность.

Среди сахарозаменителей нового поколения при производстве кондитерских изделий наибольшее применение получил изомальт – пищевая добавка Е-953 [2,3], который был разработан в 1960г фирмой "Palatinit GmbH". Сырьем для производства изомальта служит сахароза.



Изомальт GPM кристализується з 2 молекулами води, изомальт GPS кристализується без води [2,3]. Изомальт представляє собою біле кристалічне речовина без запаху, він стійкий відносно дії кислот, ферментів, високих температур. Температура плавлення изомальта становить 145 – 150°C. Изомальт адсорбує вологу в невеликому кількості. Головним перевагою изомальта є низький ГІ=9,0 % і невелика калорійність, згідно даних ЕС – 2,4 ккал/г, даних США і Японії 2,0 ккал/г. Изомальт володіє здатністю пребіотика. Недоліком изомальта є його низька розчинність. При температурі 20°C розчинність изомальта ST дорівнює 24,5%, изомальта GS-41,5%, сахарози 68%. При підвищенні температури розчинність изомальта збільшується і при температурі t=90°C практично дорівнює сахарозі 75 – 77% [4]. Згідно даних ВОЗ изомальт рекомендовано до вживання без обмежень. В даний час його застосовують при виробстві харчових продуктів більше ніж в 40 країнах, в тому числі і в Україні.

Нами проведено комплекс досліджень по встановленню можливості використання изомальта при виробстві жевальної карамелі. Результати досліджень нас не задовгодили, карамель на изомальте мала невелику солодкість, тверду структуру, тому було прийнято рішення готувати карамель на суміші изомальт-фруктози, з урахуванням особливостей фруктози. При цьому перевагу було дано изомальту, враховуючи його низьку калорійність, яка в 2 рази менше ніж у фруктози і властивості пребіотика, які відсутні у фруктози.

Шляхом математичного методу багаточинного планування експерименту було встановлено оптимальне співвідношення поліола изомальта і моносахариду фруктози, як 3:1 при кількості желатини 1,7%. Як фактор оптимізації було прийнято комплексний показник якості, який розраховували за формулою:

$$K = M_1 \frac{P_1}{P_1^a} + M_2 \frac{P_2}{P_2^a} + M_3 \frac{P_3}{P_3^a} + M_4 \frac{P_4}{P_4^a} + M_5 \frac{P_5}{P_5^a}$$

де P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 – показники смаку, аромату, форми, консистенції, жевального ефекту, які визначали експертним методом сенсорного аналізу по 5-ти бальному системі;

$P_1^a, P_2^a, P_3^a, P_4^a, P_5^a$ – відповідні показники базового зразка. В якості базового зразка прийнято зразок жевальної карамелі на сахарозі (сахар білий кристалічний)

M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 – коефіцієнти вагомості відповідних показників, при умові, що $M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 = 1,0$

Розрахунки показали, що комплексний показник якості зразків карамелі на изомальте і фруктозі мав значення $K = 0,95$, що відповідає оцінці „Відмінно“.

Жевальна карамель згідно нормативної документації України підлягає зберіганню на протязі 6 місяців при $P/P_s = 70 - 75\%$, температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Умови зберігання можуть змінюватися, тому було проведено комплекс досліджень по встановленню рівноважної вологості карамелі при різній відносній вологості повітря ($P/P_s = 0,0 - 100\%$). Дослідження проводили на установці Мак-Бена, результати дослідження представлені на рис. 1(а,б,в)

Аналіз даних показав, що обезвожена карамель на изомальте (рис. 1а) має низьку гігроскопічну здатність і практично до $P/P_s = 0,6$ (60%) не поглинає вологу.

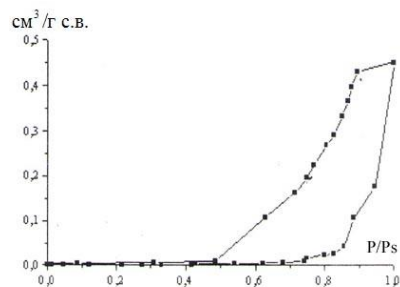


Рис. 1а. Ізотерми адсорбції дієтичної жевальної карамелі на изомальте.

При $P/P_s = 0,7-0,75$ рівноважна вологість обезвоженої карамелі відповідає 3,0-4,0%. Жевальну карамель на изомальте готували, як і карамель на сахарозі (сахар білий кристалічний), вологістю $8,0 \pm 1,0\%$. Відповідно, зберігання такої карамелі на изомальте буде супроводжуватися втратою вологи при $P/P_s = 0,7$ до 3%, при $P/P_s = 0,75$ до 4,0%, що в перерахунок на вміст сухих речовин 92% СВ згідно рецептури буде становити 2,76% і 3,68%.

Аналіз кривої десорбції показує сильну зв'язь води з матрицею зразка, ясно прослідковується гістерезис ізотерми десорбції вологи до значення $P/P_s = 0,5$ ($\phi = 50\%$). Безумовно на гістерезисний процес впливають властивості изомальта. Проведені дослідження сорбційних і десорбційних властивостей изомальта показали, що сам изомальт починає поглинати вологу при $P/P_s = 0,8$ ($\phi = 80\%$) і десорбційні здатності до $P/P_s = 0,7$ ($\phi = 70\%$) яскраво виражені. Сорбційні і десорбційні свой-



ства карамели на фруктозе (рис. 1б) резко отличаются от свойств карамели на изомальте. Обезвоженная карамель на фруктозе начинает заметно поглощать влагу при $P/P_s=0,3$ ($\phi = 30\%$) и при $P/P_s=0,7$ равновесная влажность обезвоженной карамели составляет 21%, при $P/P_s=0,75-25\%$, с учётом влаги карамели равновесное влагосодержание при $P/P_s=0,7$ -19,3% и при $P/P_s=0,75-23\%$. Это указывает на то, что жевательная карамель на фруктозе, имеющая влажность $8,0 \pm 1,0\%$ при хранении при $P/P_s=0,7-0,75$ будет абсорбировать большое количество влаги и размягчаться. Кривая десорбции указывает на то, что у карамели на фруктозе петля гистерезиса охватывает весь участок от $P/P_s=1,0$ до $0,0$, в то время петля гистерезиса на изомальте заканчивается до $P/P_s=0,5$.

Связь воды с матрицей на фруктозе будет сильной, при полном обезвоживании ($P/P_s=0,04$) останется $0,13 \text{ см}^3/\text{г}$. При десорбции до $P/P_s \leq 0,5$ карамель на изомальте полностью обезвоживается, у карамели на фруктозе (рис 1б) останется достаточное количество воды – до 18 %.

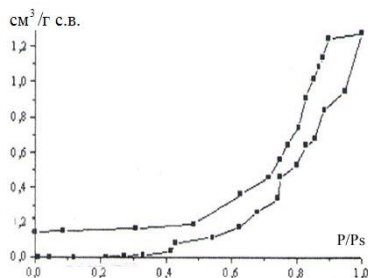


Рис.1б Изотермы адсорбции диетической жевательной карамели на фруктозе.

Анализ сорбционных-десорбционных способностей карамели, изготовленных на смеси изомальта и фруктозы при их оптимальном соотношении (3:1) показал (рис. 3в), что обезвоженная карамель начинает поглощать влагу при $P/P_s=0,4$ и при $P/P_s=0,70-0,75$ равновесное влагосодержание будет $8,0-9,0\%$, что в пересчёте на карамель с влажностью 8% (согласно рецептуры) составит 7,36 % и 8,28 соответственно, т.е. рецептурная влажность карамели будет соответствовать равновесному влагосодержанию.

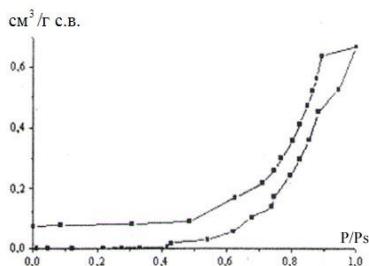


Рис.1в Изотермы адсорбции диетической жевательной карамели на смеси изомальт-фруктоза

В таб.1 представлены данные равновесного влагосодержания образцов карамели на изомальте, фруктозе и смеси изомальт-фруктоза (3:1).

Таблица 1. Равновесное влагосодержание образцов жевательной карамели (в числителе равновесное влагосодержание (%) по кривой сорбции, в знаменателе равновесное влагосодержание (%) с учетом влажности карамели $W=8.0\%$)

Образцы карамели	Равновесное влагосодержание (%)	
	$P/P_s=0,70(70\%)$	$P/P_s=0,75(75\%)$
на изомальте	$\frac{3,0 \pm 0,1}{2,76 \pm 0,1}$	$\frac{4,0 \pm 0,1}{3,68 \pm 0,1}$
на фруктозе	$\frac{21,0 \pm 0,1}{19,3 \pm 0,1}$	$\frac{25,0 \pm 0,1}{23,0 \pm 0,1}$
на смеси изомальт-фруктоза	$\frac{8,0 \pm 0,1}{7,36 \pm 0,1}$	$\frac{9,0 \pm 0,1}{8,28 \pm 0,1}$

На основе проведенных исследований разработана рецептура жевательной карамели диетического назначения, определена калорийность и гликемичность. Показатель гликемичности был рассчитан по методике разработанной в Национальном университете пищевых технологий [1].

Расчет энергетической ценности показал, что калорийность 100 г разработанной карамели составляет 270,8 ккал (1299,8 кДж). Калорийность карамели на сахарозе (сахар белый кристаллический) составляет 384,9 ккал (1847,5 кДж), т.е. калорийность карамели на смеси изомальт-фруктоза на 30% меньше чем карамель на сахаре белом кристаллическом. Расчет показал, что новый вид диетической карамели заслуживает маркирование “пониженной калорийности”. Условия маркирования с “уменьшенной калорийностью” в разных странах отличаются.

В США калорийность должна быть снижена на 25%, в Германии и Испании на 30%, в Швеции, Великобритании на 25%, во Франции и Нидерландах на 33%[4].

Расчет показателя гликемичности проводим по методике НУПТ [1]. Данные для расчета представлены в таблице 2 и 3.



Таблица 2. Расчет показателя гликемичности (ПГ) в 100 г диетической карамели на изомальте и фруктозе

Наименование сырья	Содержание сырья в 100 г карамели	Углеводы					
		Изомальт (ГИ=9 %)		Крахмал (ГИ=70 %)		Фруктоза (ГИ=20 %)	
		Сырья	Карамели	Сырья	Карамели	Сырья	Карамели
Изомальт	65,00	99,0	64,35	-	-	-	-
Фруктоза	25,00	-	-	-	-	98,0	24,5
Изомальтовая пудра	10,00	99,0	9,9	-	-	-	-
Желатин	1,7	-	-	0,7	0,01	-	-
Сумма	-	-	74,25	-	0,01	-	24,5

$$ПГ=74,25*0,09+0,01*0,7+24,5*0,20=11,59ед$$

Таблица 3. Расчет показателя гликемичности (ПГ) в 100 г карамели на сахаре белом кристаллическом

Наименование сырья	Содержание сырья в 100 г карамели	Углеводы			
		Сахароза-сахар белый кристаллический (ГИ=66 %)		Крахмал (ГИ=70 %)	
		Сырья	Карамели	Сырья	Карамели
Сахар белый кристаллический	89,0	99,89	88,90	-	-
Сахарная пудра	10,0	99,9	9,99	-	-
Желатин	1,7	-	-	0,7	0,01
Сумма			98,89		0,01

$$ПГ=98,89*0,66+0,01*0,7=65,28 ед$$

Расчет показателей гликемичности показал, что гликемичность новой диабетической карамели на 82 % меньше, чем гликемичность карамели на сахаре белом кристаллическом. Это указывает на то, что такая карамель заслуживает маркирование “с редуцированной гликемичностью”[5],

“с пониженным содержанием сахара”, с учётом содержания фруктозы или маркировки “ без сахара” с учётом полного исключения из рецептуры сахарозы. Количество единиц сладости новой диетической карамели с учетом сладости фруктозы 1,56 ед и изомальта 0,55 ед составляет

$$74,25*0,55+24,5*1,56=79,06 ед$$

Карамель на сахаре белом кристаллическом имела сладость 98,89 ед, т.е сладость разработанной карамели на 20 % меньше.

Учитывая, что рецептура карамели предусматривает дозировку лимонной кислоты в количестве 0,6 %, новый вид диетической карамели будет иметь приятный сладкокисловатый вкус.

Технология жевательной карамели была рассмотрена как большая технологическая система[7] с распределением её на подсистемы (рис. 2):

- производство карамельного сиропа – подсистема С₁;
- производство карамельной массы – подсистема С₂;
- производство желатиновой массы – подсистема С₃;
- производство массы для жевательной карамели – подсистема С₄;
- формирование и заправка карамели на агрегатах типа КФЗ – подсистема А.

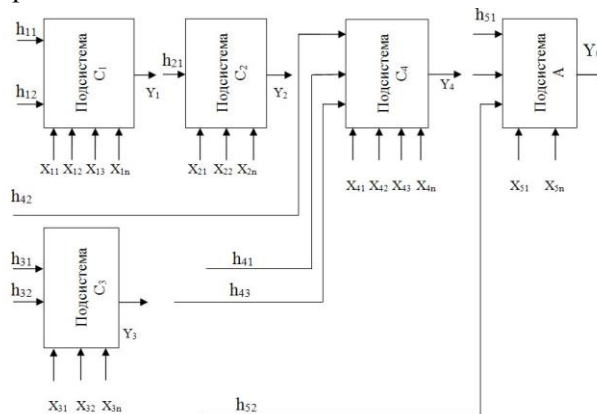


Рис. 2 Параметрическая схема производства жевательной карамели (большая технологическая система) на смеси изомальт-фруктоза

Подсистема С₁

h₁ и h₂ – качество полиола изомальта и фруктозы
X₁₁, X₁₂, X₁₃ – количество изомальта, фруктозы, желатина

X_{1n} – технологические факторы (время и температура) приготовления сиропа

Y₁ – фактор оптимизации – влажность сиропа

Подсистема С₂

h₂₁ – входящий фактор – качество сиропа



X_{21}, X_{22}, X_{23} - технологические факторы приготовления карамельной массы (время, температура, давление греющего пара)

Y_2 -фактор оптимизации – растекаемость карамельной массы

Подсистема C_3

h_{31}, h_{32} - качество желатина и воды

X_{31}, X_{32} -количество желатина и воды

X_{3n} - технологические факторы (время и температура)

Y_3 - фактор оптимизации - влажность желатиновой массы

Подсистема C_4

h_{41} - качество карамельной массы

h_{42} - качество желатиновой массы

h_{43} - качество изомальтовой пудры

X_{41}, X_{42}, X_{43} - количество карамельной, желатиновой массы и изомальтовой пудры

X_{4n} - технологические факторы (время, температура, интенсивность перемешивания)

Y_4 - качество карамельной жевательной массы, фактор оптимизации-плотность массы (кг/ м³)

Подсистема A

h_{51} - качество карамельной жевательной массы

h_{52} - качество заверточного материала

X_{51}, X_{5n} -технологические параметры работы агрегата “КФЗ”

Y_0 - качество жевательной карамели согласно требований соответствующей нормативной документации

Заклучение

Разработана инновационная технология жевательной карамели диетического назначения на основе смеси полиола изомальта и моносахарида фруктозы, которую можно употреблять всем группам населения, в том числе больным сахарным диабетом.

Путем математического метода многофакторного планирования эксперимента установлено оптимальное соотношение сырьевых ингредиентов: изомальта, фруктозы, желатина (75:25:1,7). Новый вид диетической карамели позволяет маркировать “изделие с пониженной калорийностью”, “с пониженным содержанием сахара”, “с пребиотическими свойствами”, “с редуцированной гликемичностью”. Равновесное влагосодержание карамели при $R/P_s=0,7-0,75$ ед соответствует влажности карамели $8\pm 1,0\%$, карамель при хранении не будет не поглощать, не терять влагу. В карамели с $a_w=0,70-0,75$ ед отсутствуют условия для развития патогенных микроорганизмов.

Технология жевательной диетической карамели на основе изомальта и фруктозы представлена как большая технологическая система с распре-

делением на подсистемы C_1, C_2, C_3, C_4, A – производство карамельного сиропа, карамельной массы, желатиновой массы, карамельной жевательной массы и готовой завернутой карамели. Определены входные и выходные факторы. Для каждой подсистемы определены факторы оптимизации.

Литература

- [1] Патент 40623 Україна, НПК А 23 L 1/10 Спосіб визначення показника глікемічності харчових продуктів /Дорохович А.М.,Ковбаса В.М.,Гупіч М.П., Дорохович В.В.,Яременко О.М.,опубл.27.04.2009. Бюл. №8
- [2] Alternative Sweeteners, Third edition (Food science and Technology) edited by L. O'Brien-Nabors 2001 N.Y.: CRC Press.-572 p.
- [3] Zumbé A., Lee A., Storey D. Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery // Br. J. Nutr.2001. v.85 (Suppl. 1), p. S31-S45
- [4] Sweeteners and sugar alternatives in food technology. edited by H. Mitchell 2006. Oxford: Willey-Blackwell Publishing. -432 p.
- [5] Яременко О.М. Удосконалення технології печива шляхом зниження глікемічності, калорійності і покращення фізіологічної цінності. Дис. канд. техн. наук, Київ ,2010,143 с
- [6] Полумбрик М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. – К.: Академперіодика, 2011. - 487 с
- [7] Дорохович А.М. Технологія карамелі. Навчальний посібник .- Київ, фірма “Інкос”,2011-199 с.