

УДК 637.146

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ВЗБИВАНИЯ ТВОРОЖНОГО ДЕСЕРТНОГО ПРОДУКТА

ТОЛЕУБЕКОВА С.С.

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима

В данной статье приведены оптимальные условия процесса взбивания творожного десертного продукта. Выбраны температурные режимы, время взбивания и вид функциональной пищевой добавки.

Целью научного исследования является разработка технологии творожного десертного продукта геродиетического назначения. Структура нового продукта должна быть однородной, гомогенной, нежной и насыщенной воздухом, устойчивой в хранении. Это может быть достигнуто за счет использования следующих факторов:

- функциональные пищевые компоненты;
- перемешивание;
- насыщение воздухом, т.е. взбивание.

В качестве функциональных пищевых ингредиентов для изучения были выбраны: «Палсгаард 5958», «Стабисол FQ» и «Стабисин 3».

Рекомендации по количественному использованию вышеназванных стабилизаторов – это от 0,4% до 1,0% от массы компонентов [1].

Исследования проводились на одном рецептурном виде творожного десертного продукта. Смесь компонентов составлялась при температуре 35-37°C, перемешивалась в течении 20-30 мин, гомогенизировалась и взбивалась при различных температурно-временных режимах. То есть в процессе исследований проведено три серии экспериментов (всего 36 вариантов), в которых варьировали:

- вид функциональной пищевой добавки;
- температура продукта во время взбивания;
- время взбивания.

В лабораторных условиях процесс взбивания осуществлялся на стационарном миксере с фиксированной скоростью взбивания. В производственных условиях рекомендуется использовать новый аппарат, разработанный сотрудниками ВНИМИ (г. Москва).

Качественные показатели творожного десертного продукта характеризовались такими показателями, как взбитость продукта (%) и коэффициент эффективной вязкости (мПа·с), а также органолептическими показателями (баллы).

В экспериментальных исследованиях использовали несколько режимов взбивания:

- температура (30±1)°C, время взбивания 14-15 мин (I серия);

- температура (10±1)°C, время взбивания 14-15 мин (II серия);

- температура (5±1)°C, время взбивания 14-15 мин (III серия).

Основная задача данного этапа аналитико-экспериментальных исследований – результат совместного влияния химических и физических факторов на качественные показатели творожного десертного продукта, а также определить оптимальные условия процесса взбивания.

Первоначально экспериментальные данные, для выявления и устранения грубых ошибок эксперимента (промахов), подверглись обработке методами математической статистики [2]. Для этого определялась однородность оценок дисперсий с помощью критерия Кохрена по следующей зависимости:

$$G_p = \frac{\max S_i^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2},$$

где: $\max S_i^2$ - максимальная дисперсия серии параллельных опытов;

$$\sum_{i=1}^N S_i^2 - \text{сумма дисперсий.}$$

Расчет коэффициентов регрессии производился по разработанному нами алгоритму в компьютерных системах MathCAD 2001 Pro и Maple-7.

Исследования проводились поэтапно и состояли из математико-графического анализа экспериментальных данных многочисленных серий опытов, проведенных в трёхкратной повторности:

- I этап. Установить вид и количество функциональной пищевой добавки, наиболее эффективно стабилизирующей структуру десертного продукта;

- II этап. Установить рациональные (оптимальные) условия процесса взбивания.

Регулирующими факторами данного исследования являются следующие:

X_1 – количество «Палсгаард 5958», %;

X_2 – количество «Стабисол FQ», %;

X_3 – количество «Стабисин 3»;

X_4 – температура взбивания, °C.

Управляемыми факторами выбраны:

U_1 – взбитость смеси компонентов → тах, ограничение не более 45 %;

U_2 – коэффициент эффективной вязкости → 3,8 мПа·с;

U_3 – органолептическая оценка в процессе хранения, баллы → 100%, ограничение не менее 80%.

Математические задачи решались в следующей последовательности:

- построены математические модели и графические зависимости;

- выведены уравнения регрессии и дана оценка их адекватности;

- дан научно-обоснованный вывод по техническим условиям процесса взбивания творожного десертного продукта.

Математические модели, отражающие влияние основных факторов на качественные показатели творожного десертного продукта

были построены в строго логической последовательности:

- А – математическая модель изменения взбитости творожного десертного продукта от температуры взбивания;

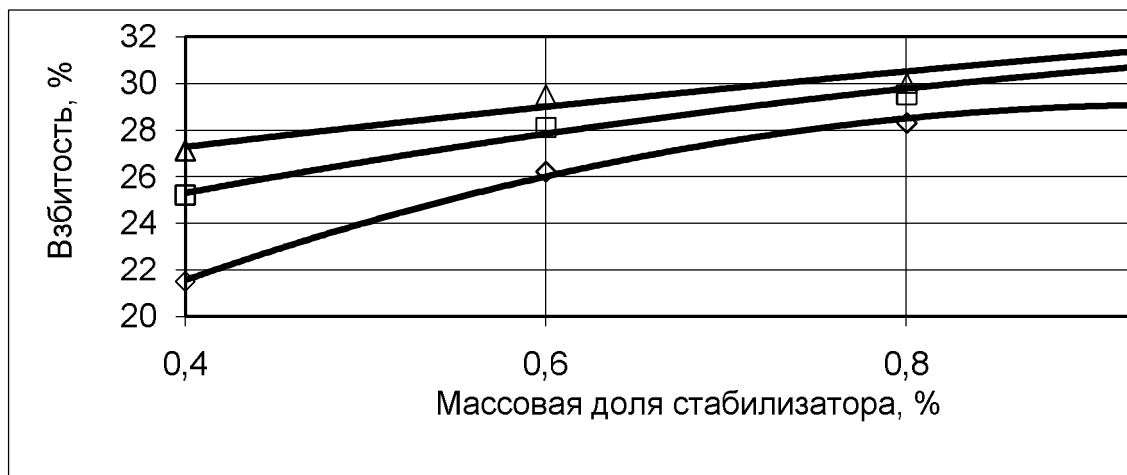
- Б – математическая модель изменения коэффициента эффективной вязкости творожного десертного продукта от температуры взбивания;

- В – математическая модель изменения органолептических показателей творожного десертного продукта от температуры взбивания;

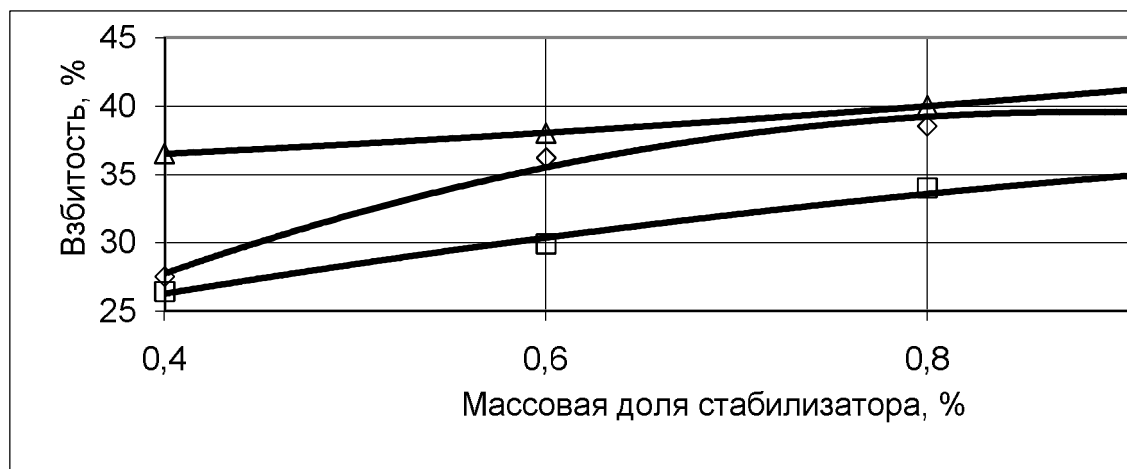
- Г – расчёт ошибок прогнозирования.

На рисунке 1 представлены графические зависимости, характеризующие динамику изменения взбитости творожного десертного продукта от вида и количества стабилизирующей системы и различной температуры взбивания.

I серия – температура (30±1) °С



II серия – температура (10±1) °С



III серия – температура (5+1) °С

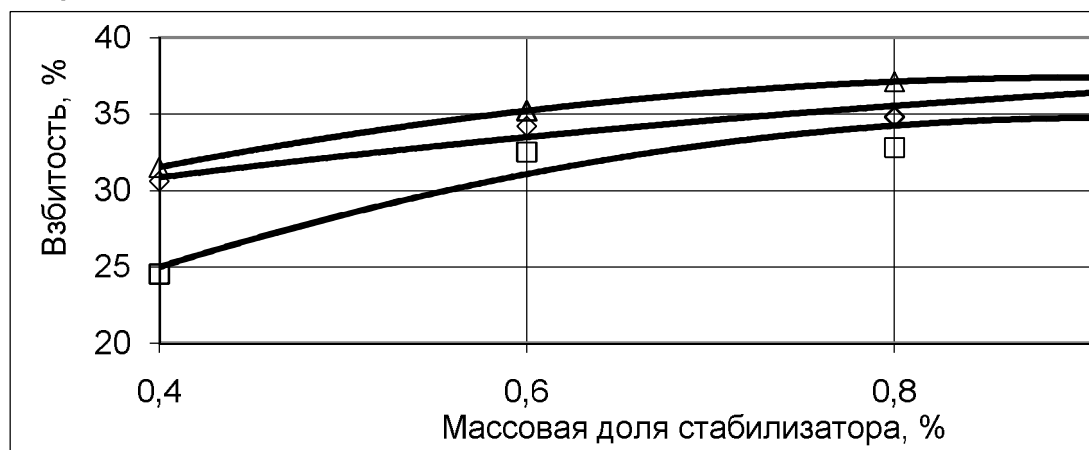
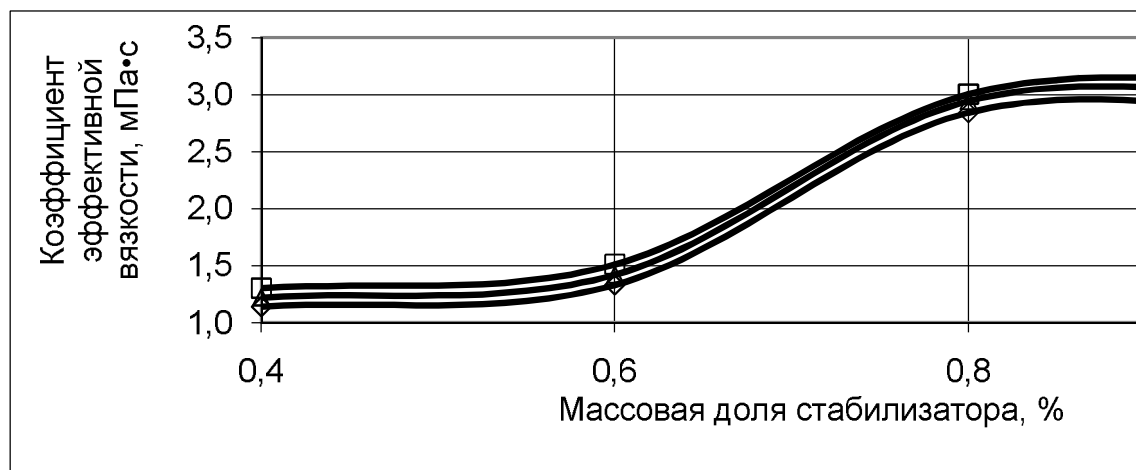


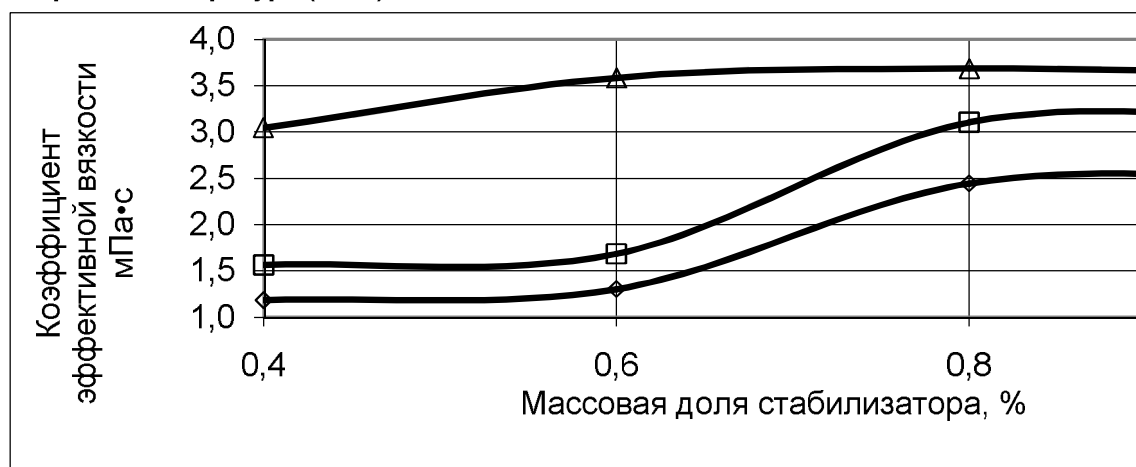
Рис. 1. Динамика изменения взбитости творожного десертного продукта в зависимости от вида и количества стабилизирующей системы при различных температурах взбивания.

На рисунке 2 представлены графические зависимости, характеризующие динамику изменения коэффициента эффективной вязкости | творожного десертного продукта от вида и количества стабилизирующей системы и различной температуры взбивания.

I серия – температура (30+1) °С



II серия – температура (10+1) °С



III серия – температура (5+1) °С

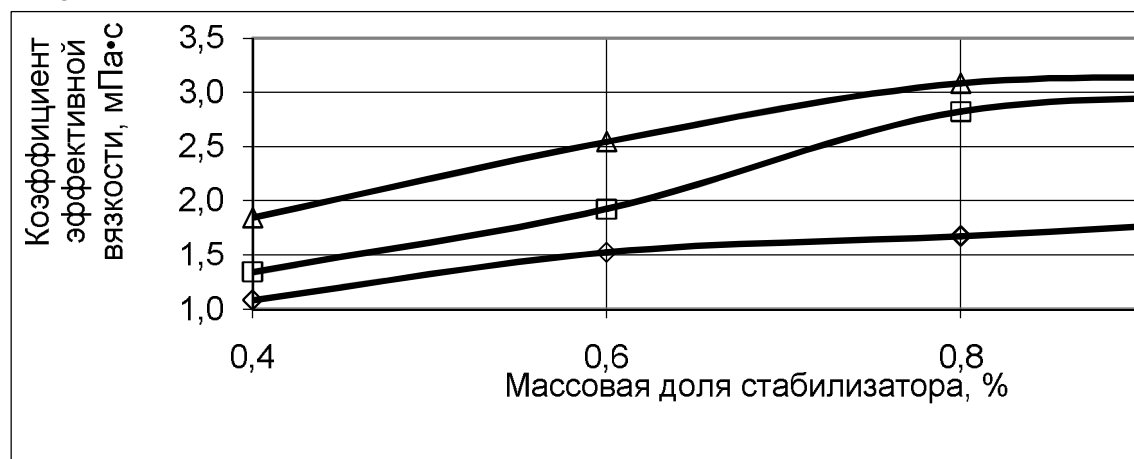
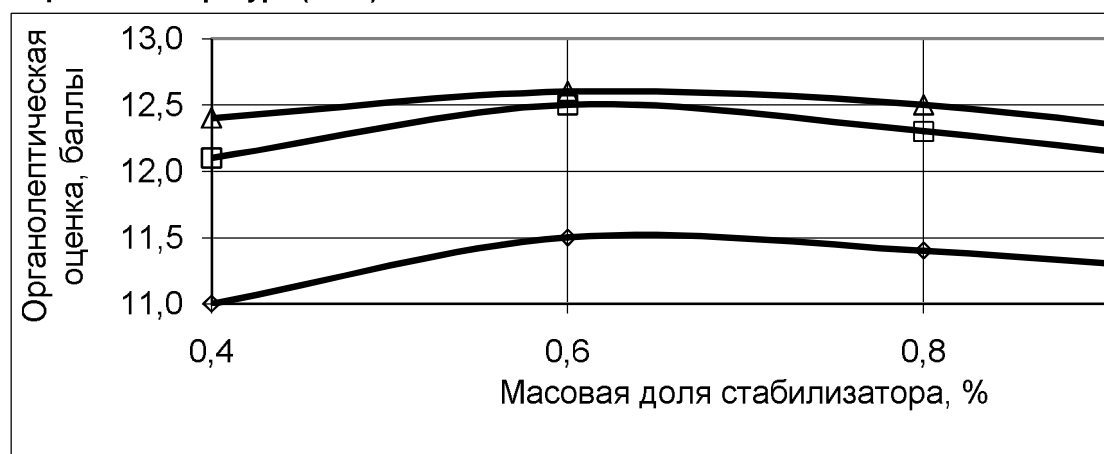


Рис. 2. Динамика изменения коэффициента эффективной вязкости творожного десертного продукта в зависимости от вида и количества стабилизирующей системы при различных температурах взбивания.

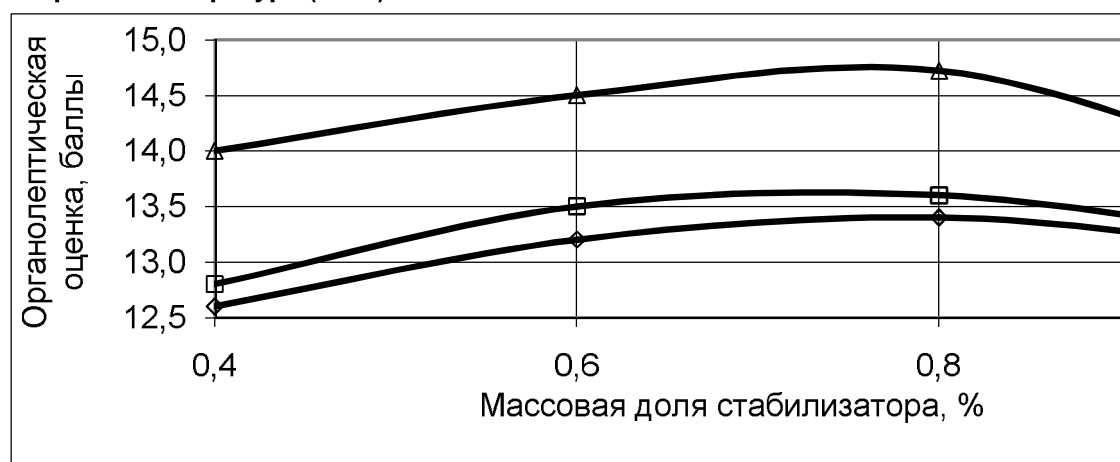
На рисунке 3 представлены графические зависимости, характеризующие динамику изменения органолептических показателей творож-

ного десертного продукта от вида и количества стабилизирующей системы и различной температуры взбивания.

I серия – температура (30+1) °С



II серия – температура (10+1) °С



III серия – температура (5±1) °С

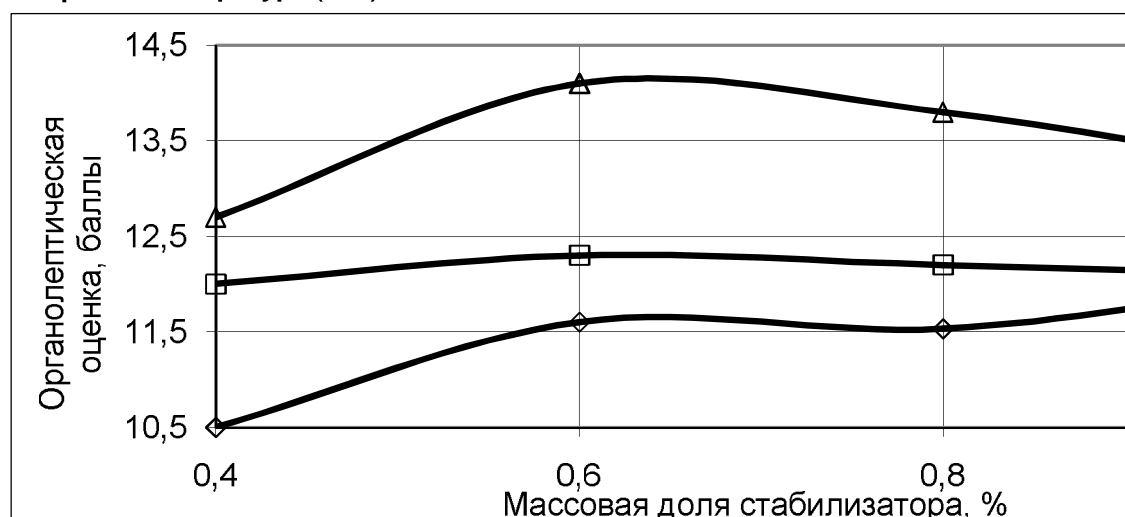


Рис. 3. Динамика изменения органолептических показателей творожного десертного продукта в зависимости от вида и количества стабилизирующей системы при различных температурах взбивания.

Регрессионный анализ приведенных на рисунках 1-3 графических зависимостей позволил вывести уравнения регрессии, которые с высокой степенью достоверности (R^2), находящейся в пределах от 0,892 до 0,996, характеризуют взаимосвязь основных факторов,

влияющих на формирование качественных показателей продукта.

Результаты регрессионного анализа всех изучаемых показателей приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1. Регрессионный анализ изменения вязкости творожного десертного продукта в зависимости от количества и вида стабилизирующей системы и температуры взбивания

Вид стабилизатора	Уравнения регрессии	Множественное корреляционное отношение	Ошибка прогнозирования
При температуре (30±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = 12,45x + 17,56$	$R^2 = 0,943$	3,80
Стабисол FQ	$Y = 9,70x + 21,71$	$R^2 = 0,986$	1,09
Стабисин 3	$Y = 7,60x + 24,33$	$R^2 = 0,974$	1,16
При температуре (10±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = 8,55x + 22,34$	$R^2 = 0,893$	5,94
Стабисол FQ	$Y = 16,0x + 20,30$	$R^2 = 0,988$	1,37
Стабисин 3	$Y = 9,70x + 32,41$	$R^2 = 0,996$	0,51
При температуре (5±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = 10,20x + 27,06$	$R^2 = 0,966$	1,53
Стабисол FQ	$Y = 15,90x + 20,07$	$R^2 = 0,892$	4,89
Стабисин 3	$Y = 9,50x + 28,60$	$R^2 = 0,921$	2,56

Таблица 2. Регрессионный анализ изменения коэффициента эффективной вязкости творожного десертного продукта в зависимости от количества и вида стабилизирующей системы и температуры взбивания

Вид стабилизатора	Уравнения регрессии	Множественное корреляционное отношение	Ошибка прогнозирования
При температуре (30±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = 3,320x - 0,284$	$R^2 = 0,919$	4,43
Стабисол FQ	$Y = 3,475x - 0,20$	$R^2 = 0,934$	4,77
Стабисин 3	$Y = 3,430x - 0,256$	$R^2 = 0,926$	4,31

При температуре (10±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = 2,565x + 0,062$	$R2 = 0,926$	6,47
Стабисол FQ	$Y = 3,095x + 0,206$	$R2 = 0,918$	5,87
Стабисин 3	$Y = 0,920x + 2,836$	$R2 = 0,802$	4,36
При температуре (5±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = 2,565x + 0,062$	$R2 = 0,963$	4,82
Стабисол FQ	$Y = 3,025x + 0,070$	$R2 = 0,950$	6,03
Стабисин 3	$Y = 1,215x + 0,677$	$R2 = 0,935$	5,75

Таблица 3. Регрессионный анализ изменения органолептических показателей творожного десертного продукта в зависимости от количества и вида стабилизирующей системы и температуры взбивания

Вид стабилизатора	Уравнения регрессии	Множественное корреляционное отношение	Ошибка прогнозирования
При температуре (30±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = -4,375x^2 + 6,375x + 9,175$	$R2 = 0,957$	0,44
Стабисол FQ	$Y = -4,375x^2 + 5,875x + 10,475$	$R2 = 0,957$	0,41
Стабисин 3	$Y = -3,125x^2 + 4,025x - 11,295$	$R2 = 0,997$	0,08
При температуре (10±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = -5,625x^2 + 8,725x + 10,005$	$R2 = 0,999$	0,08
Стабисол FQ	$Y = -6,825x^2 + 10,275x + 9,795$	$R2 = 0,999$	0,07
Стабисин 3	$Y = -10,625x^2 + 14,825x + 9,685$	$R2 = 0,913$	1,17
При температуре (5±1) °С			
Палсгаард 5958	$Y = -3,125x^2 + 6,525x + 8,495$	$R2 = 0,904$	1,84
Стабисол FQ	$Y = -2,50x^2 + 3,60x + 10,98$	$R2 = 0,917$	0,33
Стабисин 3	$Y = -12,5x^2 + 18,10x + 7,53$	$R2 = 0,957$	1,02

Для решения последней из поставленных в данном разделе задач, нами произведён перевод управляемых факторов в безразмерные величины с использованием коэффициента значимости показателей и произведено вычисление целевой функции $\sum_{n=0}^5 Y_0$ для каждого из изученных показателей.

Анализ полученных данных позволил решить поставленную задачу и определить оптимальные условия процесса взбивания сложной поликомпонентной системы, которую представляет собой новый продукт – творожный десерт. Наглядно данный результат представлен на рисунке 4.

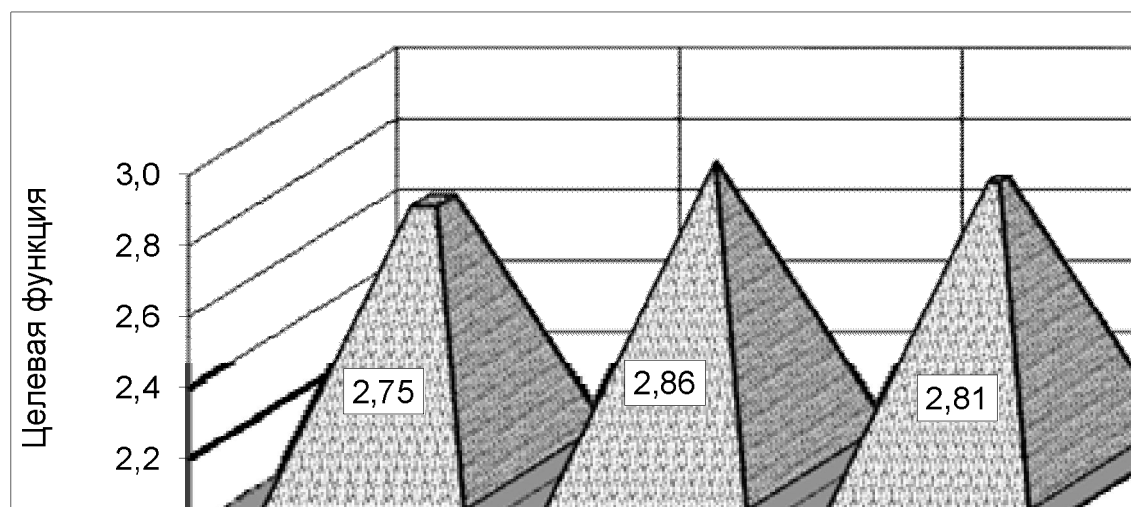


Рис. 4. Зависимость целевой функции от значений управляемых факторов

Таким образом, сделаны следующие выводы:

- наиболее эффективной функциональной пищевой добавкой для продукта является «Стабисин 3» в количестве 0,8% от массы компонентов;

- оптимальной температурой взбивания смеси компонентов творожного десертного продукта является $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Просеков А.Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой. – Кемерово, 2001. – 172 с.

2. Дьяконов В.П. MathCAD. -М., 2000. – 584с.

ТҰЖЫРЫМ

Бұл мақалада сүзбелі десертті өнімді араластыру процесінің оптималды жағдайлары келтірілген. Ол үшін температуралық режимдер, араластыру уақыты мен функционалды тағам қоспасының түрі таңдалған.

RESUME

In this article was adduced the optimal conditions of whipping the curds dessert product. Also were chosen the temperature conditions, time of whipping and the form of functional food additions.

УДК 663/664

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕСТА ДЛЯ ЗЕРНОВОГО ХЛЕБА

МУХАМЕТКАЛИЕВ Т.М., МЕДВЕДКОВ Е.Б., ВИТАВСКАЯ А.В.
ГАДЖИЕВ Т.И., ПРОНИНА Ю.Г.

АО «Алматинский технологический университет»

УСИБАЛИЕВ Н.Е., АСПАНДИЯРОВ Б.Б.

ТОО «Азия ИнтерТелеком»

Определены реологические характеристики теста для зернового хлеба, разработанного в Алматинском технологическом университете. Полученные результаты можно использовать при расчете процессов нагнетания и дозирования такого теста, при расчете технологического оборудования.

Для нормального функционирования человеческого организма наряду с энергией и «строительным материалом» необходимо поступление многих веществ для регулирования его физиологических функций. К ним относятся пробиотики, витамины, минеральные вещества, пищевые волокна и др., которые поступают с водой и продуктами питания [1-7].

Во всех развитых странах мира наблюдается общая тенденция – создание натуральных функциональных продуктов питания с целью оздоровления населения в условиях современного экологического прессинга.

Одним из направлений решения этой задачи является производство для широких слоев населения хлеба из цельнозернового зерна пшеницы.

Одним из первых ученых, создавших технологию зернового хлеба в России, является академик В.М. Антонов. Выпекать его начали в семидесятых годах на запатентованном оборудовании, начиная от очистки зерна до выпечки. В 1995 году в газете «Труд» [6] писали о пользе зернового хлеба, выпекаемого в Красноярске. Позже в Екатеринбурге вырабатывают такой хлеб с различными добавками.

Пользу потребления зерновых видов хлеба авторы усматривают в следующей трактовке:

- усиливает перистальтику, восстанавливает обмен ве-

ществ, нормализует вес;

- сокращает вдвое вредное воздействие на человека экологической среды, укрепляет иммунитет, повышает работоспособность;

- уменьшает риск опухолевых и сердечнососудистых заболеваний;

- снижает инсулиновую зависимость;

- положительно воздействует на функцию щитовидной железы;

- ускоряет процесс реабилитации после травм и болезней.

В Алматинском технологическом университете д.т.н., профессором А.В. Витавской и к.т.н., Х.Х. Хасиевым разработана технология зернового хлеба «Метелка» из ферментированной муки крупного помола [8]. Также разработан зерновой хлеб «Идеал» из цельного ферментированного зерна пшеницы с дисперсностью частиц 1,5 – 2,0 мм.

В ТОО «Азия ИнтерТелеком» создана конструкция гомогенизатора и технология