

УДК 664.951 + 673.35

А.А. Костенко, Н.В. Назаренко, И.Н. Ким

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АНАЛОГА МЯГКОГО СЫРА ИЗ МОЛОК ГОРБУШИ

Рассмотрен способ определения оптимальных параметров. Проанализированы полученные результаты, рассчитаны наиболее подходящие параметры для получения аналога мягкого сыра с органолептическими показателями, наиболее приближенными к оригиналу, «Адыгейскому» сыру.

Ключевые слова: *аналог, коагуляция, математическая модель, белок, кислотность, предельное напряжение сдвига.*

A.A. Kostenko, N.V. Nazarenko, I.N. Kim

OPTIMIZATION OF MANUFACTURING ANALOG SOFT CHEESE FROM THE MILK OF PINK SALMON

In this article, you learned how to determine the optimum parameters. Analyzed the results, calculated the most suitable parameters for analog soft cheese with organoleptic characteristics closest to the original, «Adyghe» cheese.

Key words: *analog, coagulation, mathematical model, protein, acidity, yield stress.*

Введение

В конце XX столетия во многих странах мирового сообщества, в том числе и в РФ, наблюдалось заметное изменение структуры и качества питания населения. В связи с этим в начале XXI в. одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности многих стран стало создание аналогов традиционных продуктов питания повышенной биологической и пищевой ценности, а также обогащение пищевых изделий массового производства отдельными компонентами [8].

В настоящее время в структуре питания населения многих стран наблюдается недостаток выпуска биологически полноценных продуктов [2]. Одним из путей решения данной проблемы является создание аналогов традиционных продуктов питания. Развитие данного направления продиктовано не только необходимостью регулирования химического состава продуктов в соответствии с современными требованиями науки о питании, но и экономии основного сырья. Введение в практику питания так называемых аналогов рассматривается как важное звено государственной программы, направленной на улучшение структуры питания различных групп населения, имеющих свои специфические потребности в определенных ингредиентах.

Таким образом, целью нашей работы являлось получение аналога мягкого сыра из субстрата, содержащего пастеризованное коровье молоко и молоки горбуши [10, 13]. Разработанная технология позволила получить аналог мягкого сыра с максимальной приближенностью органолептических показателей к традиционному «Адыгейскому» сыру и не уступающий ему по пищевой и биологической ценности и повысить в разработанном продукте содержание полиненасыщенных жирных кислот. Данная технология расширяет область использования молок лососевых рыб [3].

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлся аналог мягкого сыра.

Определение общего белка в аналоге мягкого сыра осуществляли колориметрическим методом Бредфорда с помощью спектрофотометра СФ-56 [9]. Определение общей кислотности в сыворотке мягкого сыра проводили методом Тернера титрованием по ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности [5, 11]. Предельное напряжение сдвига (ПНС) определим с помощью пенетрометра ПП-5 [14]. Органолептическая оценка аналога мягкого сыра проводилась с помощью разработанных балльных шкал и профилограмм, в которых учитывали показатели качества. В качестве составляющих модели комплексного показателя качества аналога мягкого сыра выбрали вкус, цвет, запах, консистенцию, наличие пустот и внешний вид [4, 12]. В работе использовали математические методы: оценки достоверности экспериментальных данных на 95%-м уровне значимости и воспроизводимости опытов осуществляли по критерию Кохрена [1], значимость коэффициентов регрессионных уравнений и коэффициентов корреляции – по критерию Стьюдента [6], адекватность полученных математических выражений реальным процессам – по критерию Фишера. Математическую обработку экспериментальных данных осуществляли на IBM PC с применением стандартных программ для Windows XP, Table Curve 3D v.2.06 [7]. Математическая модель комплексного показателя качества продукции (КПК) представляет собой расчет данного показателя, включающего ряд частных показателей того или иного вида, влияющих в определенной мере на конечный результат, т.е. на качество готовой продукции, и рассчитывается по формуле

$$КПК = \sqrt[n]{\prod_i X_i}, \quad (1)$$

где X_i – оценка частных показателей качества; i – номер показателя; n – количество показателей.

Для построения обобщенного отклика использовали обобщенную функцию желательности Харрингтона [1].

Результаты и их обсуждение

Целью данной работы являлось оптимизация параметров обработки аналога мягкого сыра.

В процессе предварительных экспериментов были выявлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на качество готовой продукции. В качестве функции отклика был принят комплексный показатель качества аналога мягкого сыра [1]. В качестве параметра оптимизации использовали обобщенный показатель качества аналога мягкого сыра, включающий следующие составляющие: вкус (y_1), цвет (y_2), запах (y_3), консистенцию (y_4), наличие пустот (y_5) и внешний вид (y_6).

Для получения шкалы желательности удобно пользоваться соответствиями между отношениями предпочтения в эмпирической и числовой (психологической) системах (табл. 1).

На основании данных табл. 1 значение каждого частного отклика переведено в безразмерную шкалу желательности d_u ($u = 1, 2, \dots, n$), которая называется частной желательностью (от desirable фр. — желательный). Шкала желательности имеет интервал от нуля до единицы. Значение $d_u = 0$ соответствует абсолютно неприемлемому уровню данного свойства, а значение $d_u = 1$ – самому лучшему значению свойства. Понятию «очень хорошо» соответствуют значения на шкале желательности $1 > d_u > 0,8$, а понятию «очень плохо» – $0 < d_u < 0,2$ и т.д.

Таблица 1

Стандартные отметки на шкале желательности

Table 1

Standard markings on the desirability scale

№ п/п	Желательность	Отметки на шкале желательности
1	Очень хорошо	1,00-0,80
2	Хорошо	0,80-0,63
3	Удовлетворительно	0,63-0,37
4	Плохо	0,37-0,20
5	Очень плохо	0,20-0,00

Для определения рациональных режимов коагуляции сырного сгустка в соответствии с композиционным планом эксперимента, матрица которого приведена в табл. 2, был изготовлен ряд образцов с 60%-м содержанием молок лососевых рыб.

В качестве определяющих факторов были выбраны температура коагуляции x_1 , °С и продолжительность коагуляции x_2 , мин. Функцией отклика являлись средняя органолептическая оценка Y , в баллах. Графическое представление зависимости дано на рис. 1.

Полученная область имеет выгнутую форму с плоской площадкой на вершине, соответствующей максимальной органолептической оценке. Математическая обработка результатов исследования позволила выявить зависимость средней органолептической оценки образцов мягкого сыра из молок горбуши от температуры и продолжительности коагуляции:

$$Y = -20,4184 + 0,2981X_1 + 1,9110X_2 - 0,0016X_1^2 - 0,0875X_2^2 - 0,0038X_1X_2, \quad (2)$$

где Y – средняя органолептическая оценка, баллы; X_1 – температура коагуляции, °С; X_2 – продолжительность коагуляции, мин.

Таблица 2

Данные эксперимента

Table 2

The experimental data

Данные	№ п/п								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t коагуляции, °С	75	75	75	85	85	85	95	95	95
τ коагуляции, мин	8	9	10	8	9	10	8	9	10
Внешний вид, max = 5	3,20	3,83	4,44	4,03	4,84	3,60	3,08	3,32	3,32
Кодир. пер.	0,640	0,766	0,888	0,806	0,968	0,720	0,616	0,664	0,664
Цвет, max = 5	2,03	3,01	3,02	4,11	4,99	3,97	2,12	3,03	3,02
Кодир. пер.	0,406	0,602	0,604	0,822	0,998	0,794	0,424	0,606	0,604
Наличие пустот, max = 5	2,91	3,15	3,52	4,26	4,82	4,07	2,97	3,32	3,20
Кодир. пер.	0,582	0,630	0,704	0,852	0,964	0,814	0,594	0,664	0,640
Консистенция, max = 10	6,37	6,12	6,61	5,83	8,73	6,26	9,45	6,91	5,31
Кодир. пер.	0,637	0,612	0,661	0,583	0,873	0,626	0,945	0,691	0,531
Запах, max = 10	5,97	7,16	7,06	7,11	9,42	6,10	7,36	6,82	6,45
Кодир. пер.	0,597	0,716	0,706	0,711	0,942	0,610	0,736	0,682	0,645
Вкус, max = 10	7,28	7,38	7,75	7,95	9,65	7,73	6,89	6,79	6,72
Кодир. пер.	0,728	0,738	0,775	0,795	0,965	0,773	0,689	0,679	0,672
Общая оценка	27,73	30,64	32,38	33,18	39,41	31,76	31,75	30,16	28,00
Кодир. пер.	0,589	0,674	0,717	0,756	0,951	0,718	0,649	0,664	0,624

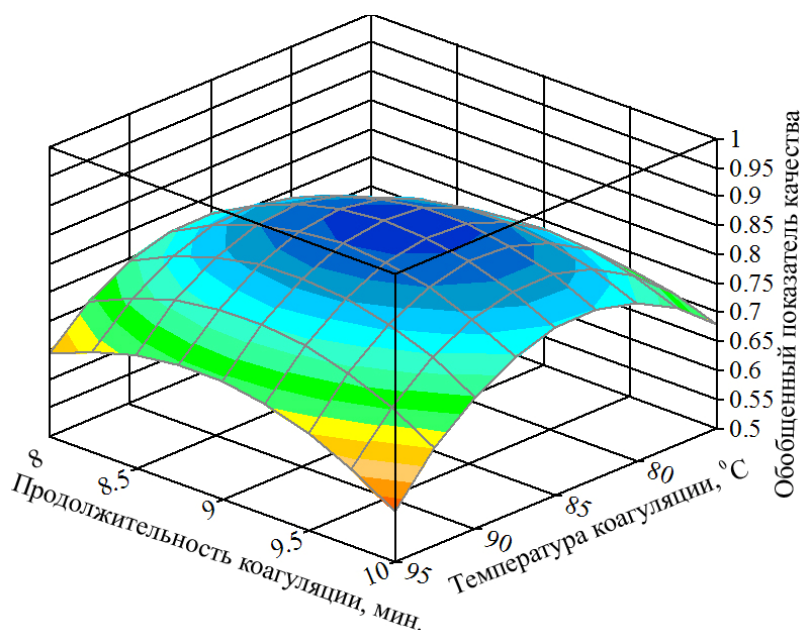


Рис. 1. Функциональная зависимость органолептической оценки от температуры и продолжительности коагуляции аналога мягкого сыра
 Fig. 1. Organoleptic evaluation of the functional dependence on the temperature and duration of the soft cheese analog coagulation

Достоверность аппроксимации составила $R^2 = 0,79$.

Используя полученное уравнение, рассчитали значения факторов для образцов с суммарной органолептической оценкой 9,0 – 9,5 баллов и экспериментально апробировали полученные режимы.

Рациональные режимы коагуляции аналога мягкого сыра:

- температура коагуляции сырного сгустка аналога мягкого сыра – 83-87 °С;
- продолжительность коагуляции сырного сгустка из молок лососевых рыб – 8,5-9,5 мин.

Выбор 21-й точки на шкале желательности 0,63 и 0,37 объясняется необходимостью вычислений. На оси ординат нанесены значения желательности, изменяющиеся от 0 до 1. По оси абсцисс указаны значения отклика в условном масштабе. За начало отсчета 0 по оси выбрано значение, соответствующее желательности 0,37. Выбор данной точки связан с тем, что она является точкой перегиба кривой, что в свою очередь создает определенные удобства при вычислениях. То же самое верно для значения желательности, соответствующего 0,63.

Симметрично относительно нуля на оси y' (y' – кодированная шкала) расположены кодированные значения частных откликов (рис. 2).

По результатам оценки обобщенного показателя качества образцов рассчитывали коэффициенты уравнения, описывающего зависимость комплексного показателя качества $Y_{КПК}$ аналога мягкого сыра от параметров процесса коагуляции:

$$Y_{КПК} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{12}x_1x_2, \tag{3}$$

где x_1 – температура коагуляции, °С; x_2 – продолжительность коагуляции, мин; $a_0, a_1, a_2, a_{11}, a_{22}, a_{12}$ – неизвестные коэффициенты уравнения.

При замене кодированных величин натуральными в уравнении (2) были определены параметры процесса, соответствующие рациональному значению функции $Y_{КПК}$ [6].

Результаты исследований показали, что содержание молок в аналоге мягкого сыра, в количестве 60 %, обеспечивает получение готового продукта с приятным, слегка кисловатым вкусом и запахом, в меру плотной, нежной консистенцией, цвет аналога мягкого сыра – от светло-кремового до светло-коричневого (в зависимости от используемых молок), с наличием кремовых пятен на разрезе (рис. 3).

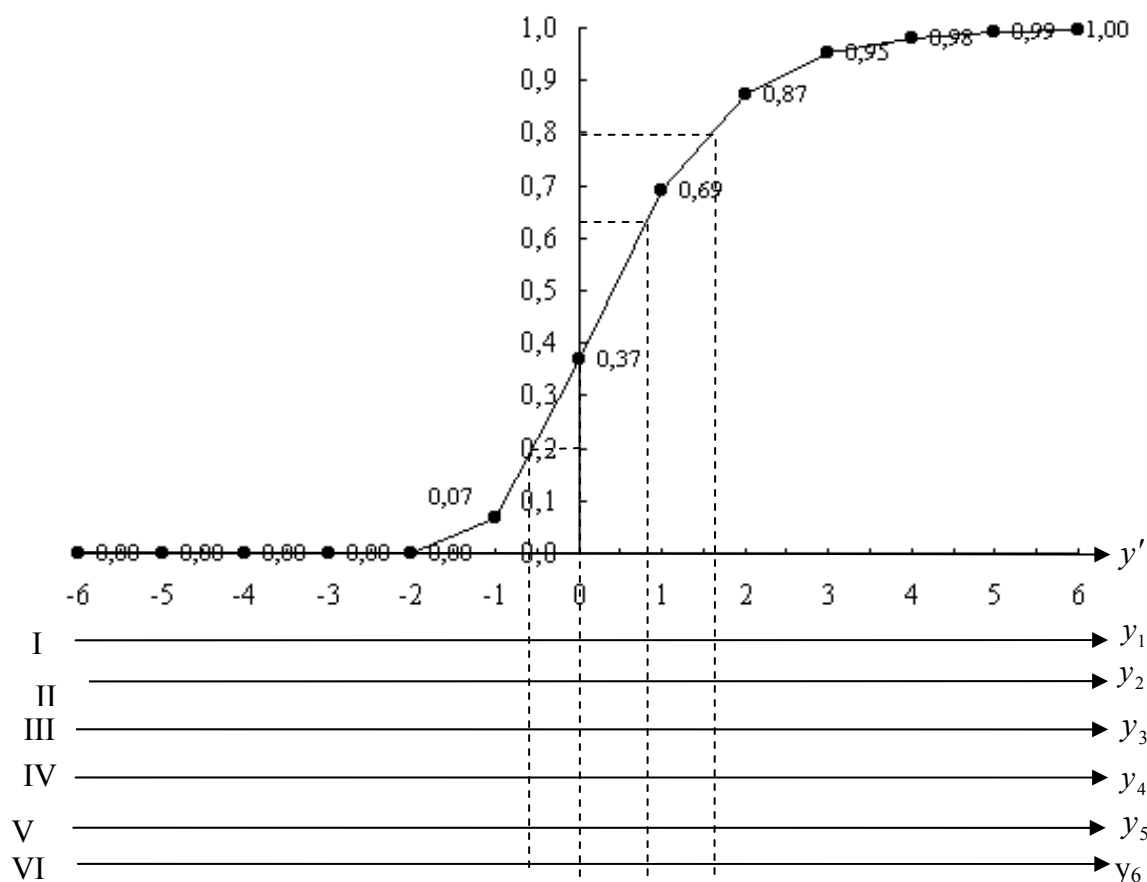


Рис. 2. Функция желательности
Fig. 2. Desirability function

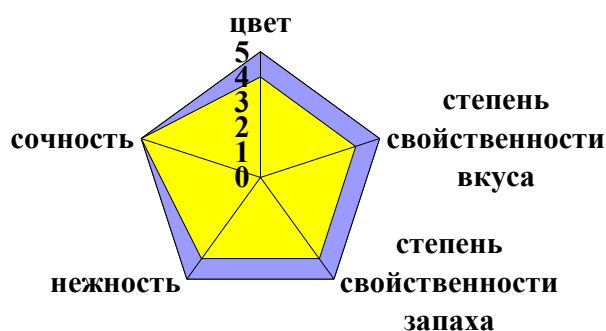


Рис. 3. Профилограмма
органолептических показателей
60 % молочного белкового сгустка
Fig. 3. Profilogram organoleptic
characteristics of 60 % milk protein curd

- традиционный мягкий сыр
- мягкий сыр с содержанием молока 60 %

Химический состав мягкого сыра с молоками, %: вода 57,4; белок 21,3; липиды 19,1; углеводы 0,8; минеральные вещества 1,4. Калорийность 261 ккал. В «Адыгейском» сыре следующие химические показатели: вода 56; белок 19,8; липиды 19,8; углеводы 1,6; минеральные вещества 2,8. Калорийность 264 ккал. При анализе химического состава «Адыгейского» сыра и его аналога видно, что по содержанию белка значение показателей аналога выше, по содержанию липидов и минеральных веществ – на одном уровне.

При анализе результатов следует отметить, что чем выше температура пастеризации, тем меньше времени требуется на образование и формирование сгустка.

На основании полученных результатов можно заключить, что повышение температуры пастеризации способствует увеличению предельного напряжения сдвига, сырная масса получается более жесткой и сухой, что отрицательно сказывается на органолептических свойствах получаемого продукта [8].

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наиболее оптимальными условиями получения аналога мягкого сыра, при котором комбинированный сгусток имеет лучшую консистенцию, является температура пастеризации (85 ± 2) °С с продолжительностью выдержки комбинированного сгустка 7-9 мин. При повышении температуры сыр получается сухим и жестким. В случае если температура будет недостаточной, сгусток получится слишком мягким, нестойким.

Из проведенного эксперимента определили, что ПНС аналога мягкого сыра имеет значение 9,02 Па, а предельное напряжение мягкого сыра варьируется от 5-8 Па, т.е. температура обработки продукта не должна превышать 90 °С.

Используя сыворотку разной кислотности и наблюдая за характером изменения комбинированного сгустка, было установлено, что наиболее приемлемой для данного вида продукта является кислотность 210 °Т. Наиболее предпочтительным является следующее содержание компонентов: кислая молочная сыворотка – 30 % от массы смеси; уксусная кислота – 25 % от массы смеси 5%-й концентрации; лимонная кислота – 25 % от массы смеси 5%-й концентрации. При этом процентном соотношении консистенция сгустка наиболее близка к консистенции мягкого сыра «Адыгейский».

Использовать кислую сыворотку для коагуляции удобно на сыродельных заводах, где ее ресурсы достаточно большие. При использовании кислот исключается необходимость иметь большое количество емкостей для хранения сыворотки. Более того, при коагуляции кислой сывороткой в сгусток переходит и часть белков сыворотки-коагулянта, что приводит к увеличению выхода сыра и повышению его биологической ценности.

Выводы

Использованные методы оптимизации позволили получить рациональные технологические параметры для производства наиболее близкого по свойствам к «Адыгейскому» сыру аналог мягкого сыра из молок горбуши.

Оптимизированные параметры были подтверждены экспериментально.

Результаты исследования показали, что наиболее лучший результат получен при кислотности сыворотки 210 °Т. Температура коагуляции сырного сгустка должна находиться в пределах 83-87 °С, а продолжительность – 8,5-9,5 мин. Содержание молок в аналоге мягкого сыра в количестве 60 % обеспечивает получение готового продукта с желаемыми органолептическими показателями и биологической ценностью.

Полученные значения, соответствующие оптимальным условиям изготовления аналога мягкого сыра, представляют практический интерес, так как позволяют с наименьшими затратами времени и труда получить биологически ценный и привлекательный для потребителя продукт.

Список литературы

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
2. Андреев М.П. Современная технология гидробионтов // Новые направления исследований в области традиционных технологий переработки рыбы: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1996. – Т. 2. – С. 5-13.

3. Бойцова Т.М., Каленик Т.К., Ряписов Д.В., Доценко С.М. Разработка технологий молочно-растительных продуктов питания // Пищ. пром-сть. – 2011. – № 3. – 12-17 с.
4. Головня Р.В., Еникеева Н.Г. Сенсорный анализ для организации контроля качества традиционных и новых пищевых продуктов // Проблемы аналитической химии. – М.: Наука, 1988. – № 8. – С. 15-44.
5. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.
6. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 200 с.
7. Зудилова Т.В., Одиноккина С.В., Осетрова И.С., Осипов Н.А. Работа пользователя в Microsoft Excel 2010. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012.
8. Ким И.Н., Назаренко Н.В. Разработка аналогов творога с использованием молок лососевых рыб / Рыб. хоз-во. – 2012. – № 2. – С. 112-115.
9. Кнорре Д.Г., Мызина С.Д. Биологическая химия. – М.: Высш. шк., 2000. – 479 с.
10. Крусъ Г.Н., Храмцов А.Г. Волокитина З.В. Технология молока и молочных продуктов. – М.: КолосС, 2006. – 445 с.
11. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.
12. Сафонова Т.М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – 244 с.
13. Сафронова Т.М., Дацун В.М. Сырье и материалы рыбной промышленности. – М.: Мир, 2004. – 272 с.
14. Ильиных В.В. Учебно-методический комплекс для студентов по направлению 655900 «Технология сырья и продуктов животного происхождения» по специальности 270900 «Технология мяса и мясных продуктов» всех форм обучения. – Кемерово, 2005. – 5 с.

Сведения об авторах: Костенко Алина Александровна, аспирант, e-mail: alya91@bk.ru;
Назаренко Наталья Владимировна, аспирант,
e-mail: tasha123456_87@mail.ru.;
Ким Игорь Николаевич, кандидат технических наук, профессор, академик МАНЭБ.