

Оптимизация технологии получения вкусоароматического препарата с ароматом сливочного сыра

Борисова Анна Викторовна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244

E-mail: anna_borisova_63@mail.ru

Чалдаев Павел Александрович

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244

E-mail: pal-sanych@mail.ru

Целью настоящего исследования явилось определение технологических параметров получения вкусоароматического препарата с ароматом сливочного сыра путем ферментной модификации молочного сырья. Ферментно-модифицированный сыр (ФМС) широко применяют в молочной промышленности для производства ускоренно созревающего сыра, аналогов сыра и сырных продуктов, снековой продукции и др. При получении ФМС важно получить аромат соответствующего сыра. Аромат ФМС образуется целой группой веществ, включающих альдегиды, кетоны, летучие жирные кислоты, аминокислоты, лактаты и проч. На образование этих вкусоароматических компонентов влияют условия и глубина процесса ферментации. В данной работе проведена математическая оптимизация технологии получения ферментно-модифицированного сыра со сливочным ароматом. Планирование и анализ результатов эксперимента осуществляли с помощью системы статистического анализа – Statistica 10.0. В качестве плана эксперимента выбран трехуровневый полный факторный эксперимент, позволяющий оценить совместное влияние нескольких факторов при минимальном числе опытов. В качестве факторов, способных повлиять на качество сырного ароматизатора, выбраны дозировка ферментного препарата (0,2-1,0%), pH (4,5-6,5), температура (28-48 °С) и продолжительность процесса ферментации (24-72 ч). Откликом служила органолептическая оценка получаемых в ходе эксперимента проб сырного ароматизатора, выраженная в баллах. В результате обработки экспериментальных данных получена математическая зависимость интенсивности запаха сырного ароматизатора (Y) от температуры (X1), pH среды (X2), продолжительности ферментации (X3) и дозировки фермента (X4). Получены графические интерпретации зависимости органолептической оценки от условий ферментации, профили предсказанных значений и функция желательности. С достаточной долей уверенности можно утверждать, что наиболее оптимальными параметрами процесса ферментации, позволяющими получить сырный ароматизатор наилучшего качества, являются следующие значения: температура ферментации – 48°С, pH – на уровне 4,5, продолжительность ферментации – 48 часов, дозировка фермента – 1 %.

Ключевые слова: ферментно-модифицированный сыр, оптимизация, полный факторный эксперимент, сырный аромат, натуральный ароматизатор, коровье молоко, липаза

Введение

Производство и применение в продуктах питания натуральных ароматизаторов является актуальной проблемой в пищевой промышленности. Следование тенденциям здорового образа жизни заставляет многих людей отдавать предпочтение продукции, не содержащей в своем составе искусственных добавок. Сырный ароматизатор является достаточно востребованным и применяется при производстве многих продуктов. К натуральным ароматизаторам сырного профиля относят вкусоароматические препараты, получаемые фермент-

ной обработкой сырной массы, называемые за рубежом ферментно-модифицированным сыром (enzyme-modified cheese). В результате кратковременной ферментации получается масса, напоминающая по вкусу сыр, созревающий в течение 2-3 месяцев. Такую добавку можно использовать в технологии различных пищевых продуктов: плавленых сыров и имитированных сырных продуктов, соусах, крекерах, хлебобулочных, макаронных изделий и прочих (Azarnia, Lee, Yaylayan, & Kilcawley, 2010; Noronha, Cronin, O’Riordan, & O’Sullivan, 2008a; Noronha, Cronin, O’Riordan, & O’Sullivan, 2008b; Januszkiewicz, Sabik, Azarina, & Lee, 2008;

Moskowitz & Noelck, 1987; Hannon, Kilcawley, Wilkinson, Delahunty, & Beresford, 2006; McSweeney, 2004). Благодаря глубокому расщеплению белков и жиров в ферментно-модифицированном сыре (ФМС) содержится большое количество вкусоароматических компонентов, соответствующих профилю сыра, поэтому при использовании приемов ускоренной ферментации сырной массы в технологии сыроделия можно сокращать сроки созревания традиционных сыров. Использование ФМС в имитированных сырных продуктах и низкожирных сырах маскирует отсутствие в них характерного запаха и вкуса.

При изготовлении ФМС важными параметрами являются состав бактериальной закваски, состав исходного молока, вид и активность используемых ферментов, условия и продолжительность ферментации (Ali et al., 2017; Ali et al., 2019; Amighi, Emam-Djomeh, & Madadlou, 2015; Azarnia, Lee, Yaylayan, & Kilcawley, 2010; Bas, Kendirci, Salum, Govce, & Erbay, 2019; Haileselassie, Lee, & Gibbs, 1999; Noronha et al., 2008a; Noronha et al., 2008b; Januszkiewicz et al., 2008; Moskowitz & Noelck, 1987; Hannon et al., 2006; McSweeney, 2004; Kilcawley, Wilkinson, & Fox, 2006; Mohebbi et al., 2008; Moosavi-Nasab, Radi, & Jouybari, 2010; Kendirci, Salum, Bas, & Erbay, 2020; Seo, Son, & Kim, 1995). Как известно, аромат сыра образуется из смеси соединений. Нет конкретного вещества, полностью повторяющего аромат сыра. В образовании аромата принимают участие продукты метаболизма лактозы и лактатов, жирных кислот и молочных белков (Рисунок 1) (Hannon

et al., 2006). Например, в образовании аромата сыра Чеддер принимают участие свыше 180 компонентов, среди которых спирты, альдегиды, кетоны, эфиры, лактоны, сульфиды, свободные жирные кислоты и пиразины (Januszkiewicz et al., 2008). Важнейшими соединениями вкуса и аромата сыра Чеддер являются свободные жирные кислоты, диметилсульфид, диацетил, бутанон, 2-пентанон, молочная кислота, уксусная кислота и продукты протеолиза белков. Для сыра с голубой плесенью характерно наличие уксусной, бутановой кислот, ацетона, метилкетона, 2-пентанола, метилгексаната, этилбутаноата, 2-нонанола и свободных жирных кислот (Caron, LePiver, Péron, Lieben, Lavigne, Brunel, Roueyre, Place, Bonnarme, Giraud, Branca, Landaud, & Chassard, 2021; Varming, Andersen, Petersen, & Ardö, 2013). Пролин и пропионовая кислота – важнейшие составляющие вкуса и аромата Швейцарского сыра (Moskowitz & Noelck, 1987).

Механизм образования аромата в ФМС можно считать аналогичным как для натурального сыра. Разница лишь во времени протекания процесса. При выработке ФМС все биохимические реакции протекают в контролируемых условиях быстрее. Во многом вкус и аромат получаемого вкусоароматического препарата зависят от используемых ферментных систем (Moskowitz & Noelck, 1987). Существует много схем и технологий получения ФМС, одна из популярных в последнее время – двухстадийная. На первой стадии контролируемо проводят протеолиз, а на второй липолиз. Авторами (Bas et al., 2019; Kilcawley et al., 2006) показано,

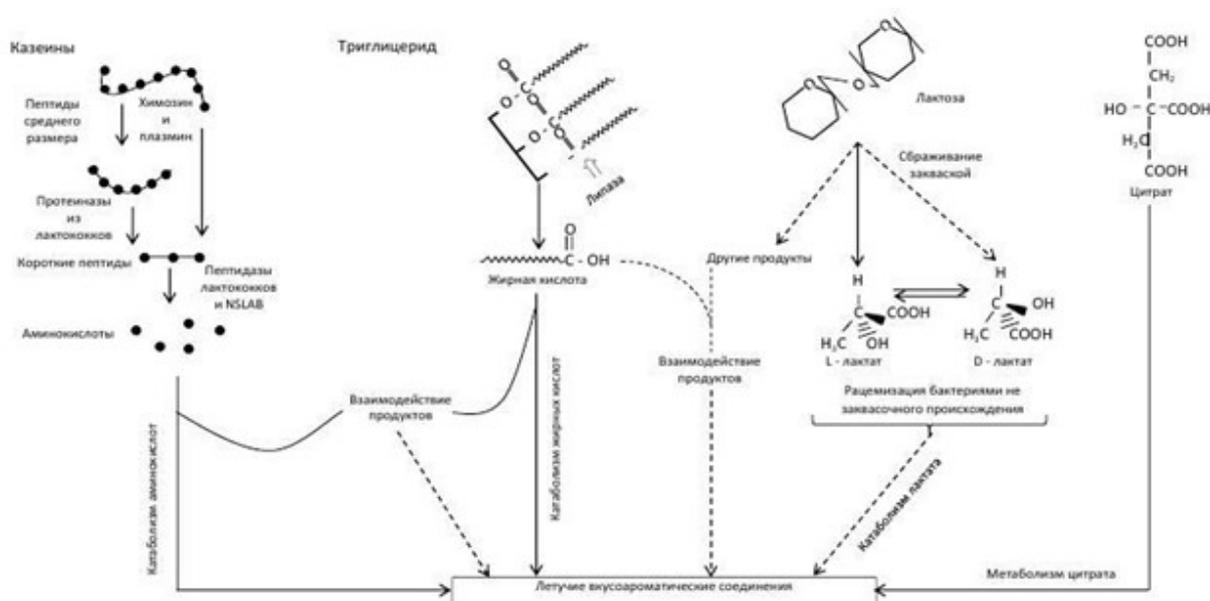


Рисунок 1. Схема образования ароматических соединений в сыре (Hannon et al., 2006)

что выход вкусоароматических компонентов при таком способе выше.

Некоторые исследователи отмечают, что на формирование вкуса большее влияние оказывают продукты протеолиза (Azarnia et al., 2010; Haileselassie et al., 1999; Mohebbi, et al., 2008; Kilcawley et al., 2006; Ali, et al., 2017; Bas, et al., 2019). Ведение протеолиза в контролируемых условиях позволяет добиться максимальной концентрации вкуса и снижения горечи. Горечь обуславливается короткими пептидами, являющимися промежуточной стадией гидролиза белков. Выход горьких соединений зависит во многом от используемых протеолитических ферментов. Также в работах отмечается зависимость от стартовых культур, от дозы фермента, дозы соли, температуры, pH и продолжительности протеолиза.

С другой стороны, существует устойчивое мнение, что на формирование аромата сыра большее влияние оказывают продукты липолиза – свободные жирные кислоты (Noronha, et al., 2008a; Noronha et al., 2008b; Kilcawley, Wilkinson, & Fox, 2001). Например, среднецепочечные жирные кислоты (C₄-C₁₂) могут модифицировать аромат сыра от «протухшего» (бутановая кислота) до «острого» (гексановая кислота). Зависимость интенсивности аромата определяется теми же факторами, что и при протеолизе – вид и доза ферментов, условия ферментации. Температура ферментации может варьироваться на уровне 35-50°C (Azarnia, Lee, Yaulyan, & Kilcawley, 2010; Haileselassie et al., 1999; Mohebbi et al., 2008; Ali et al., 2017). Концентрацию используемого протеолитического фермента в различных работах устанавливают на уровне 0,026-0,3% (Mohebbi et al., 2008; Kilcawley et al., 2006; Bas et al., 2019), а липолитического от 0,5-5,0% (Kilcawley et al., 2006). Кислотность сырной массы при ферментации могут поддерживать на уровне 4,5-4,6 (Kilcawley et al., 2006), на уровне 5,0-5,5 (Noronha, et al. 2008a), а также выше 5,5 (Noronha et al., 2008a; Noronha et al., 2008b; Ali, et al., 2017). При этом в большинстве работ отмечается, что кислотность ниже 5,5 ед. pH лучше влияет на ароматообразование ФМС. Что касается времени ферментации, то этот показатель варьируется от 24 до 96 часов (Azarnia et al., 2010; Haileselassie et al., 1999; Mohebbi et al., 2008; Bas

et al., 2019). Время ферментации чаще всего зависит от силы фермента и температуры ферментации.

В России начиная с 1950-х годов также ведутся работы по созданию вкусоароматических препаратов из сыра с целью ускорения созревания традиционных сыров и производства сырных продуктов (Абдурахманова, 2006; Гинак, Герасимов, Успенская, & Долматов, 2000; Гудков, 2004; Долматов, Герасимов, & Гинак, 2001). Так, известны способы получения вкусоароматических препаратов с ароматом сыра Чеддер, сыра с благородной плесенью.^{1,2,3} Однако работ по разработке ФМС с ароматом сливочного сыра методом ферментации практически не встречается.

Целью данной работы являлась разработка оптимальной рецептуры и технологии приготовления ферментно-модифицированного сыра с ароматом сливочного сыра.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования

В качестве основных материалов исследования были использованы: 1) молоко коровье жирностью 3,2%, с содержанием белка 3,0% от коров черно-пестрой породы Самарского типа; 2) закваска мезофильных молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий «Бифилакт-У» следующего видового состава: *Lactococcus lactis subsp. lactis* (Л), *Lactococcus lactis subsp. cremoris* (К), *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* (Д), *Streptococcus thermophilus* (невязкий) (Тс), *Bifidobacterium bifidum* и/или *B. longum*, и/или *B. adolescentis* (БФ), ФГУП «Экспериментальная биофабрика», г. Углич, Россия; 3) фермент Caglio Polvere Linea E (химозин 96%, пепсин 4%) Caglificio Clerici SpA, Cadorago Co, Италия, свертывающая активность 300000 у.е; 4) соль-плавитель «ФОНАКОН®-В» (E451i – трифосфат натрия (5-замещенный), E450i – дигидропирофосфат натрия, E450iii – пирофосфат тринатрия, E339i – ортофосфат натрия 1-замещенный, E339ii – ортофосфат натрия 2-замещенный) ТУ-2148-021-00203677-06 изм. 1,2, ОАО «РЕАТЭК», Россия; 5) липаза козья (Casa fondata nel 1872)

¹ Свириденко, Ю. Я., Перфильев, Г. Д., Козлова, В. М., & Свириденко Г. М. (1996). РФ Патент № 95104567. Способ производства препарата для ускорения сыров.

² Глобал Брэндс, К. Ф., Диас, Б. Е., Галер, Ч. Д., Моран, Д. В., Кока Р., Емельянов, Е. И. (2009). РФ Патент № 2374857. Ферментированный сырный концентрат для ароматизации пищевых продуктов и использующие его пищевые продукты, ароматизаторы и способы получения ароматизированного сыра (варианты).

³ Абрамов, Д. В., Мягконосов, Д. С., Свириденко, Ю. Я., Коновалова, Т. М., Дунаев, А. В., Козлова, В. М., & Кокарева, Н. В. (2012). РФ Патент № 2459433. Способ производства вкусоароматической добавки со вкусом и ароматом сыра типа «Чеддер».

Caglificio Clerici spa, Cadorago Co, Италия, активность 10000 у.е.

Методы исследования

Приготовление сырного сгустка

Из молока коровьего изготавливали сырный сгусток по следующей схеме: пастеризация (70°C, 10 мин), охлаждение (34°C), внесение бактериальной закваски, внесение молокосвертывающего фермента, образование сгустка, разрезание его на кубики, отделение сыворотки.

Приготовление вкусоароматического препарата – ФМС

В подготовленный сырный сгусток кислотностью рН 6,5 вносили соль-плавитель 0,2% и ферменты липазу и химозин в одинаковых дозировках в зависимости от номера эксперимента. Массу гомогенизировали в диспергаторе IKA T 18 DIGITAL ULTRA-TURRAX® при 6500 об/мин. Полученную однородную массу помещали в закрытые емкости и выдерживали в термостате при температуре, указанной в таблице 1, соответствующее номеру опыта количество времени. После ферментации ФМС пастеризовали при температуре 80°C в течение 10 мин, охлаждали до 34±2 °С и проводили органолептический анализ. Корректировку значе-

ния рН в ФМС проводили с помощью 50% раствора лимонной кислоты.

Математическая обработка результатов эксперимента

Изучение совместного влияния технологических параметров приготовления ФМС на его органолептические показатели проводили методами математического моделирования. Планирование и анализ результатов эксперимента осуществляли с помощью системы статистического анализа – Statistica 10.0. В качестве плана эксперимента выбран трехуровневый полный факторный эксперимент, позволяющий оценить совместное влияние нескольких факторов при минимальном числе опытов.

В качестве факторов, способных повлиять на качество ФМС, выбраны дозировка ферментного препарата (0,2-1,0 % с шагом 0,4 %), рН (4,5-6,5 с шагом 1,0), температура (28-48°C с шагом 10°C) и продолжительность процесса ферментации (24-72 ч с шагом 24 ч). Реальные значения факторов планирования эксперимента представлены в Таблице 1.

Откликом служила органолептическая оценка получаемых в ходе эксперимента проб ФМС, выраженная в баллах.

Таблица 1
Значения факторов планирования эксперимента

№ опыта	Температура, °С	рН	Продолжительность ферментации, ч	Дозировка фермента, %	№ опыта	Температура, °С	рН	Продолжительность ферментации, ч	Дозировка фермента, %
1	28	4,5	24	0,2	15	38	5,5	72	1
2	28	4,5	48	1	16	38	6,5	24	0,2
3	28	4,5	72	0,6	17	38	6,5	48	1
4	28	5,5	24	1	18	38	6,5	72	0,6
5	28	5,5	48	0,6	19	48	4,5	24	0,6
6	28	5,5	72	0,2	20	48	4,5	48	0,2
7	28	6,5	24	0,6	21	48	4,5	72	1
8	28	6,5	48	0,2	22	48	5,5	24	0,2
9	28	6,5	72	1	23	48	5,5	48	1
10	38	4,5	24	1	24	48	5,5	72	0,6
11	38	4,5	48	0,6	25	48	6,5	24	1
12	38	4,5	72	0,2	26	48	6,5	48	0,6
13	38	5,5	24	0,6	27	48	6,5	72	0,2
14	38	5,5	48	0,2					

Проведение органолептического анализа

Процедуру определения органолептической оценки ФМС проводили по ГОСТ 33630. Для количественной оценки органолептических показателей разработали шкалу оценки с коэффициентами значимости. Для этого определяли консистенцию, наличие и интенсивность

сырного сливочного аромата. Органолептическая оценка вкуса проб ФМС не проводилась по причине сильной их горечи, обусловленной образованием большого количества горьких пептидов при протеолизе. Каждому из показателей соответствовал коэффициент значимости и диапазон измеряемых баллов. Эти параметры приведены в Таблице 2.

Таблица 2
Органолептическая оценка проб ФМС

Показатель	Выставляемая оценка	Описание образца	Коэффициент значимости
Консистенция	1	Неоднородная, с расслоением массы	1
	2	Неоднородная, творожистая	
	3	Однородная, пастообразная	
Интенсивность аромата	1	Очень слабый	2
	2	Умеренный	
	3	Выраженный	
	4	Ярко выраженный	
Сырный сливочный аромат	0	Отсутствует	3
	1	Присутствует	

Общая органолептическая оценка рассчитывалась по формуле:

$$\sum O = (O_k \cdot K_k + O_i \cdot K_i + O_{c.a.} \cdot K_{c.a.}) / (K_k + K_i + K_{c.a.}), \quad (1)$$

где $O_k, O_i, O_{c.a.}$ – выставленная оценка за консистенцию, интенсивность аромата и наличие сливочного сырного аромата соответственно; $K_k, K_i, K_{c.a.}$ – коэффициент значимости консистенции, интенсивности аромата и наличия сливочного сырного аромата соответственно.

Все опыты проводили в трехкратной последовательности.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения экспериментов были получены следующие органолептические характеристики образцов (Рисунок 2).

Как видно по Рисунку 2 наиболее высокая органолептическая оценка была выставлена образцам

19, 22, 23, 25. Образцы под этими номерами отличались характерным выраженным сырным сливочным ароматом, однородной пастообразной консистенцией. Ферментация данных образцов протекала при температуре 48 °С от 24 до 48 часов в зависимости от эксперимента.

В результате обработки экспериментальных данных получена математическая зависимость интенсивности запаха сырного ароматизатора (Y) от температуры (X_1), pH среды (X_2), продолжительности ферментации (X_3) и дозировки фермента (X_4), выраженная следующим уравнением:

$$Y = 1,296 + 0,397X_1 - 0,192X_2 + 0,092X_3 + 0,084X_4 - 0,224X_1^2 + 0,048X_2^2 + 0,176X_3^2, \quad (2)$$

Для проверки адекватности регрессионного уравнения воспользовались нормальным вероятностным графиком распределения остатков регрессии (Рисунок 3). Нормальное распределение остатков на графике подтверждает адекватность полученной модели.

⁴ ГОСТ 33630-2015. Сыры и сыры плавленные. Методы контроля органолептических показателей. М.: Стандартинформ, 2016. <https://docs.cntd.ru/document/1200127756>

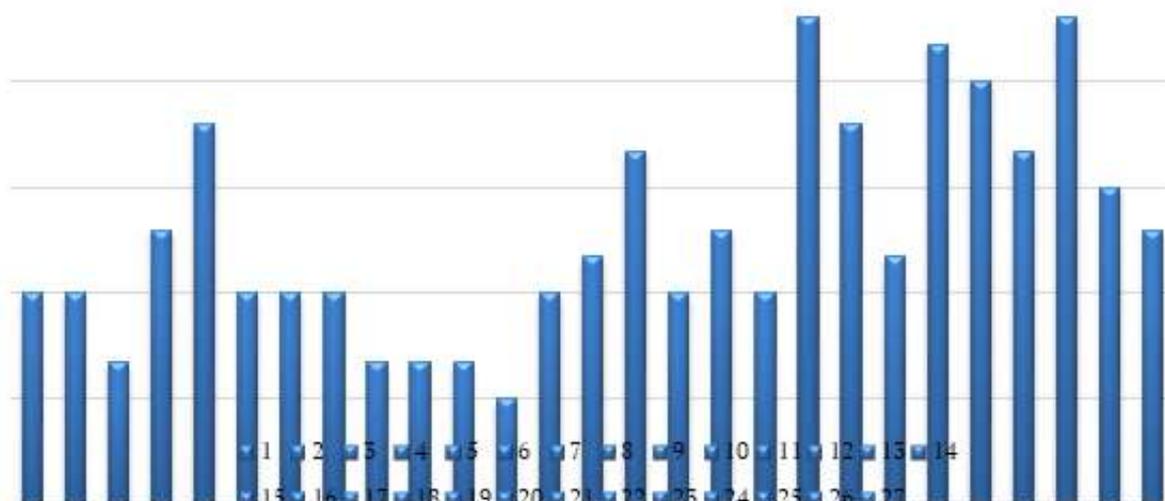


Рисунок 2. Результаты органолептической оценки образцов ФМС

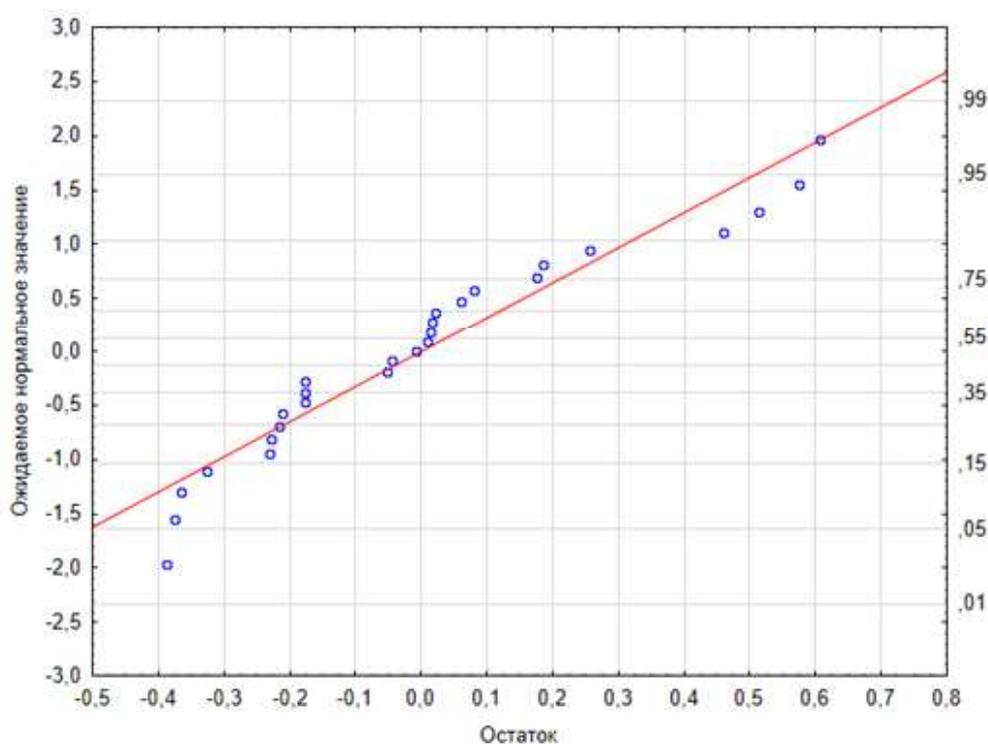


Рисунок 3. Нормальные вероятностный график распределения остатков регрессии

Графическая интерпретация полученной математической модели представлена на Рисунке 4.

С увеличением температуры ферментации и снижением pH среды интенсивность запаха ароматизатора возрастает (Рисунок 4А). Это связано с тем, что оптимальные условия для большинства ферментов протеолитического и липолитического действия лежат в области pH ниже 5,5 и при температуре выше 40°C (Noronha et al., 2008a; Noronha et al., 2008b; Ali et al., 2017; Kilcawley et al., 2001).

Если сравнивать совместное влияние температуры и продолжительности процесса (Рисунок 4В), то можно заметить, что наилучшее качество достигается при продолжительности процесса около 40–60 ч. При более длительном ведении процесса ароматика несколько ухудшается, что может быть связано с более глубоким процессом протеолиза и образованием аминокислот и коротких пептидов с менее выраженным ароматом или нехарактерным для сливочного сыра аммиачным, пряным ароматом. Оценка совместного влияния дозировки

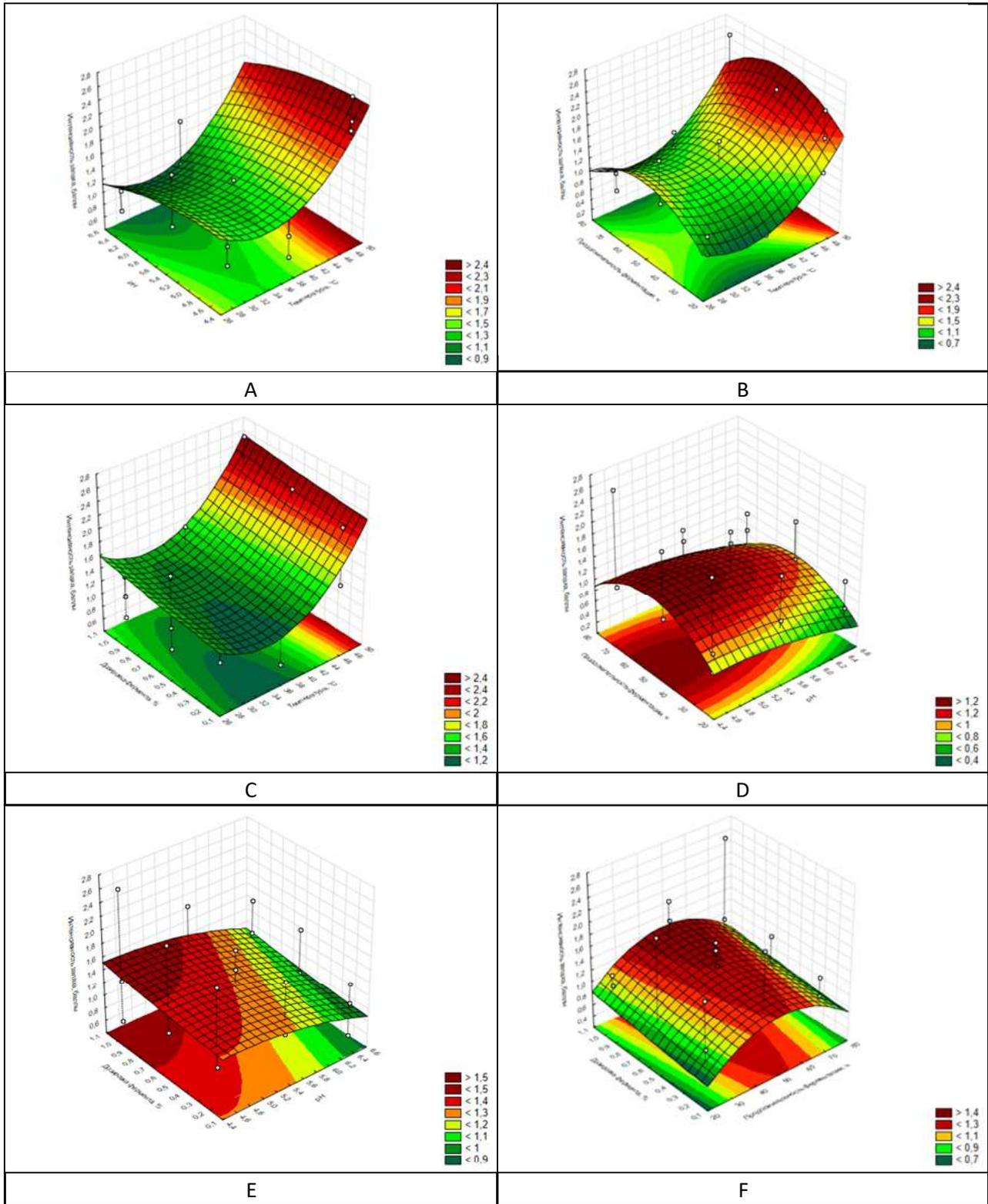


Рисунок 4. Поверхности отклика полученной модели: А – зависимость интенсивности аромата от рН и температуры; В – зависимость интенсивности аромата от продолжительности ферментирования и температуры; С – зависимость интенсивности аромата от дозировки фермента и температуры; D – зависимость интенсивности аромата от продолжительности ферментирования и величины рН; Е – зависимость интенсивности аромата от дозировки фермента и величины рН; F – зависимость интенсивности аромата от дозировки фермента и продолжительности ферментирования

фермента и температуры (Рисунок 4С) показывает, что увеличение дозировки фермента приводит к определенному увеличению выхода ароматических компонентов, хотя влияние температуры гораздо более значительно. Анализ совместного влияния на процесс ферментации продолжительности и pH среды (Рисунок 4D) показывает, что наибольший балл органолептической оценки сырного ароматизатора достижим при продолжительности процесса от 40 до 60 ч и pH среды менее 5,4. Последнее следует и из диаграммы совместного влияния pH и дозировки фермента (Рисунок 4E), при этом наилучшее качество ароматизатора достигается уже при дозировке ферментного препарата 0,7 % и выше. Чем выше pH среды, тем более высокая дозировка фермента должна быть для достижения наилучшего результата. Диаграмма совместного влияния дозировки фермента и продолжительности ферментации (Рисунок 4F) также свидетельствует о целесообразности ведения процесса в течение 40-60 ч при дозировке ферментного препарата не менее 0,7 %.

Для окончательного определения оптимальных значений параметров процесса ферментации вос-

пользовались профилями предсказанных значений и функцией желательности (Рисунок 5).

Анализ представленных данных подтверждает вышеприведенные выводы. С достаточной долей уверенности можно утверждать, что наиболее оптимальными параметрами процесса ферментации, позволяющими получить ФМС наилучшего качества, являются следующие значения: температура ферментации – 48°C, pH – на уровне 4,5, продолжительность ферментации – 48 часов, дозировка фермента – 1 %.

По результатам математической обработки результатов анализа предложена скорректированная схема получения ФМС с ароматом сливочного сыра (Рисунок 6).

Готовый ФМС с ароматом сливочного сыра может использоваться в виде пастеризованной пасты.

По органолептическим показателям ФМС с ароматом сливочного сыра должен соответствовать требованиям, указанным в Таблице 4, по физико-химическим показателям – в Таблице 5.

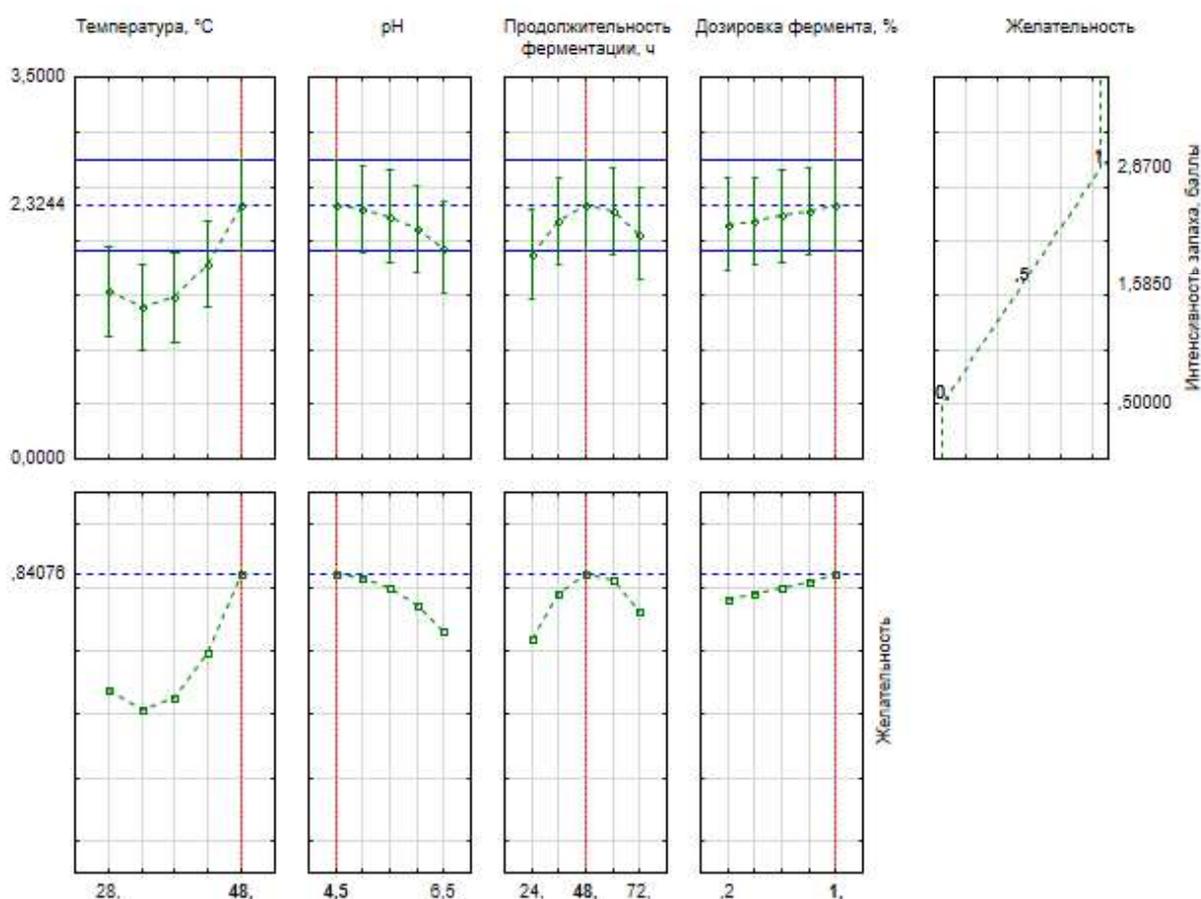


Рисунок 5. Профили предсказанных значений и функции желательности

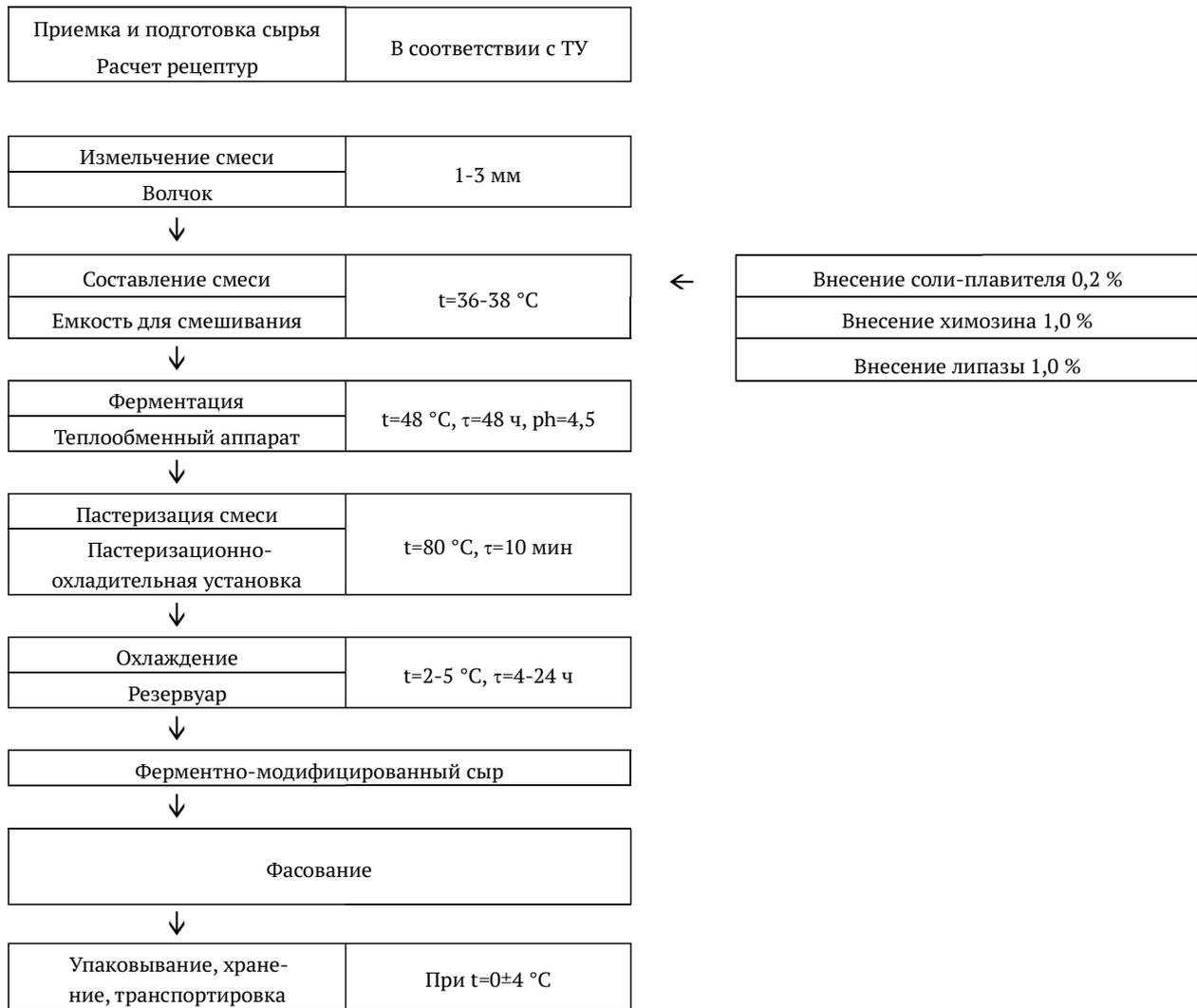


Рисунок 6. Технологическая схема получения ФМС с ароматом сливочного сыра

Таблица 4
Органолептические показатели

Наименование показателя	Характеристика
Вкус и запах	Сырный, сливочный, допускается кисловатый, характерный для кисломолочного продукта
Консистенция	Пастообразная
Структура	Однородная, без ощутимых комочков жира, частичек белка и лактозы
Цвет	Характерный для сырного продукта, равномерный по всей массе пасты

Таблица 5
Физико-химические показатели

Продукт	Массовая доля, %, не менее			Температура, °C, не выше
	молочного жира	влаги и летучих веществ	поваренной соли	
ФМС с ароматом сливочного сыра	20-30	35-70	0,2-0,4	0±4

Выводы

Производство ферментно-модифицированного сыра является перспективным с точки зрения расширения ассортимента натуральных ароматизаторов. Использование биотехнологических методов дает преимущество в направленной модификации вкуса и аромата получаемого продукта. При производстве ФМС наиболее важным фактором является рН среды, который влияет на консистенцию и выраженность аромата. Количество вносимого фермента протеолитического и липолитического действия, температура и время ферментации также влияют на качество ФМС: чем выше значения используемых параметров, тем глубже протекает протеолиз, соответственно интенсивнее аромат ФМС. В работе получены данные по оптимизации технологии получения ФМС в качестве сырного ароматизатора, имеющего наивысшие значения дегустационной оценки. Для этого необходимо использовать протеолитический фермент химозин 1% к массе, рН на уровне 4,5, температуру 48°C и время ферментации 48 часов.

Литература

- Абдурахманова, Р. Г. (2006). Натуральные вкусоароматические ингредиенты «Баттер Грейнс» для спредов и сырных продуктов. *Сыроделие и маслоделие*, 6, 33.
- Гинак, А. И., Герасимов, А. В., Успенская, Д. А., & Долматов, В. А. (2000). Производство ароматических веществ сырного направления плесневыми грибами на сырном сгустке. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 38-39.
- Гудков, С. А. (2004). Энзим-модифицированный сыр. *Переработка молока*, 10, 28-29.
- Долматов, В. А., Герасимов, А. В., & Гинак, А. И. (2001). Получение сырного аромата путем культивирования плесневого гриба *Aspergillus niger* на кисломолочном сгустке. *Известия вузов. Пищевая технология*, 2-3, 17-18.
- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Abid, M., Xu, L., Wu, F., & Xu, X. (2017). Soymilk-Cow's milk ACE-inhibiting enzyme modified cheese. *Food Chemistry*, 237, 1083-1091. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.068>
- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Xu, L., Bakry, A. M., Raza, H., Shoaib, M., Wu, F., & Xu, X. (2019). Production of ingredient type flavoured white enzyme modified cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 1683-1695. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-018-3526-y>
- Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., & Madadlou, A. (2015). Optimised production and spray drying of ACE-inhibitory enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Research*, 1, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022029915000424>
- Azarnia, S., Lee, B. H., Yaylayan, V., & Kilcawley, K. N. (2010). Proteolysis development in enzyme-modified Cheddar cheese using natural and recombinant enzymes of *Lactobacillus rhamnosus* S93. *Food Chemistry*, 120(1), 174-178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.003>
- Bas, D., Kendirci, P., Salum, P., Govce, G., Erbay, Z. (2019). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavor: I-effects of proteolytic enzymes and determination of their appropriate combination. *Food and Bioproducts Processing*, 117, 287-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2019.07.016>
- Caron, T., Le Piver, M., Péron, A.-C., Lieben, P., Lavigne, R., Brunel, S., Roueyre, D., Place, M., Bonnarme, P., Giraud, T., Branca, A., Landaud, S., & Chassard, C. (In press). Strong effect of *Penicillium roqueforti* populations on volatile and metabolic compounds responsible for aromas, flavor and texture in blue cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 109174. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109174>
- Haileelassie, S. S., Lee, B. H., & Gibbs, B. F. (1999). Purification and identification of potentially bioactive peptides from enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 82(8), 1612-1617.
- Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., & Beresford, T. P. (2006). Production of ingredient-type Cheddar cheese with accelerated flavor development by addition of enzyme-modified cheese powder. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 3749-3762. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72416-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72416-X)
- Januszkiewicz, J., Sabik, H., Azarina, S., & Lee, B. (2008). Optimization of headspace solid-phase microextraction for the analysis of specific flavors in enzyme modified and natural Cheddar cheese using factorial design and response surface methodology. *Journal of Chromatography A*, 1195(1-2), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.04.067>
- Kendirci, P., Salum, P., Bas, D., & Erbay, Z. (2020). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: II- effects of lipases. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 230-244. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.05.010>
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Fox, P. F. (2001). A survey of lipolytic and glycolytic end-products in commercial Cheddar enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 66-73. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74453-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74453-0)
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Fox, P. F. (2006). A novel two-stage process for the production of enzyme-modified cheese. *Food*

- Research International*, 39(5), 619-627. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.12.006>
- McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
- Mohebbi, M., Barouei, J., Akbarzadeh-T, M. R., Rowhanimanesh, A. R., Habibi-Najafi, M. B., & Yavarmanesh, M. (2008). Modeling and optimization of viscosity in enzyme-modified cheese by fuzzy logic and genetic algorithm. *Computers and electronics in Agriculture*, 62(2), 260-265. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.01.010>
- Moosavi-Nasab, M., Radi, M., & Jouybari, H. A. (2010). Investigation of enzyme modified cheese production by two species of *Aspergillus*. *African Journal of Biotechnology*, 9(4), 508-511.
- Moskowitz, G. J., & Noelck, S. S. (1987). Enzyme-Modified Cheese Technology. *Journal of Dairy Science*, 70, 1761-1769. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80208-4](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80208-4)
- Noronha, N., Cronin, D. A., O’Riordan, E. D., & O’Sullivan, M. (2008a). Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*, 106(3), 905-913. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.059>
- Noronha, N., Cronin, D., O’Riordan, D., & O’Sullivan, M. (2008b). Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry*, 110(4), 973-978. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.011>
- Seo, H.-J., Son, J.-Y., & Kim, Y.-S. (1995). Production of Enzyme Modified cheese. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 8(3), 192-198.
- Varming, C., Andersen, L. T., Petersen, M. A., & Ardö, Y. (2013). Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. *International Dairy Journal*, 30(1), 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.002>

Optimization of technology of enzyme-modified cheese with ripened cream cheese flavour

Anna V. Borisova

Samara state technical University
Russia, Samara, 443010, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: anna_borisova_63@mail.ru

Pavel A. Chaldae

Samara state technical University
Russia, Samara, 443010, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: pal-sanych@mail.ru

The purpose of this study was to determine the technological parameters for obtaining a flavoring preparation with the aroma of cream cheese by enzymatic modification of dairy raw materials. Enzyme-modified cheese (EMC) is widely used in the dairy industry for the production of rapidly maturing cheese, analogs of cheese and cheese products, snack products, etc. It is important to obtain the required aroma and taste during the enzymatic modification of cheese. The flavor of enzyme-modified cheese is formed by a whole group of substances, including aldehydes, ketones, volatile fatty acids, amino acids, lactates, etc. The formation of these flavoring components depends on the conditions and depth of the fermentation process. In this work, a mathematical optimization of the technology for producing enzyme-modified cheese with ripened cream cheese flavor. The planning and analysis of the results of the experiment was carried out using the statistical analysis system - Statistica 10.0. A three-level full factorial experiment was chosen as an experimental design that allows one to evaluate the joint effect of several factors with a minimum number of experiments. The dosage of the enzyme preparation (0,2-1,0%), pH (4,5-6,5), temperature (28-48 °C) and duration of the fermentation process (24-72 hours) are selected as factors that can affect the quality of the cheese flavor. The response was an organoleptic assessment of the cheese flavor samples obtained during the experiment, expressed in points. The mathematical dependence of the intensity of the smell of cheese flavor (Y) on temperature (X1), pH of the medium (X2), duration of fermentation (X3) and dosage of the enzyme (X4) was obtained as a result of processing experimental data. Graphical interpretations of the dependence of sensory evaluation on fermentation conditions, profiles of predicted values and the desirability function are obtained. It can be argued that the most optimal parameters of the fermentation process, allowing to obtain the best quality cheese flavor, are the following values: fermentation temperature – 48 °C, pH – at 4.5, fermentation duration – 48 hours, enzyme dosage – 1%.

Keywords: enzyme-modified cheese, optimization, full factorial experiment, cheese flavor, natural flavor, cow's milk, lipase

References

- Abdurakhmanova, R. G. (2006). Natural'nye vkusoaromaticheskie ingredienty «Butter Greins» dlya spreadov i syrnykh produktov [Natural flavoring ingredients "Butter Grains" for spreads and cheese products]. *Syrodellie i maslodellie [Cheese Making and Butter Making]*, 6, 33.
- Ginak, A. I., Gerasimov, A. V., Uspenskaya, D. A., & Dolmatov, V. A. (2000). Produktsirovanie aromatischeskikh veshchestv syrnoy napravleniya plesnevymi gribami na syrnom sgustke [Production of aromatic substances of the cheese direction by molds on the cheese curd]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Farm Products]*, 6, 38-39.
- Gudkov, S. A. (2004). Enzim-modifitsirovannyi syr [Enzyme-modified cheese]. *Pererabotka moloka [Milk Processing]*, 10, 28-29.
- Dolmatov, V. A., Gerasimov, A. V., & Ginak, A. I. (2001). Poluchenie syrnoy aromata putem kul'tivirovaniya plesnevogo griba *Aspergillus niger* na kislomolochnom sgustke [Obtaining a cheese flavor by cultivating the *Aspergillus niger* mold on a fermented milk clot]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [University News. Food Technology]*, 2-3, 17-18.
- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Abid, M., Xu, L., Wu, F., & Xu, X. (2017). Soymilk-Cow's milk ACE-inhibiting enzyme modified cheese. *Food Chemistry*, 237, 1083-1091. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.068>

- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Xu, L., Bakry, A. M., Raza, H., Shoaib, M., Wu, F., & Xu, X. (2019). Production of ingredient type flavoured white enzyme modified cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 1683-1695. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-018-3526-y>
- Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., & Madadlou, A. (2015). Optimised production and spray drying of ACE-inhibitory enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Research*, 1, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022029915000424>
- Azarnia, S., Lee, B. H., Yaylayan, V., & Kilcawley, K. N. (2010). Proteolysis development in enzyme-modified Cheddar cheese using natural and recombinant enzymes of *Lactobacillus rhamnosus* S93. *Food Chemistry*, 120(1), 174-178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.003>
- Bas, D., Kendirci, P., Salum, P., Govce, G., Erbay, Z. (2019). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavor: I-effects of proteolytic enzymes and determination of their appropriate combination. *Food and Bioprocess Processing*, 117, 287-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2019.07.016>
- Caron, T., Le Piver, M., Péron, A.-C., Lieben, P., Lavigne, R., Brunel, S., Roueyre, D., Place, M., Bonnarme, P., Giraud, T., Branca, A., Landaud, S., & Chassard, C. (In press). Strong effect of *Penicillium roqueforti* populations on volatile and metabolic compounds responsible for aromas, flavor and texture in blue cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 109174. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109174>
- Haileselassie, S. S., Lee, B. H., & Gibbs, B. F. (1999). Purification and identification of potentially bioactive peptides from enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 82(8), 1612-1617.
- Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., & Beresford, T. P. (2006). Production of ingredient-type Cheddar cheese with accelerated flavor development by addition of enzyme-modified cheese powder. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 3749-3762. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72416-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72416-X)
- Januszkiewicz, J., Sabik, H., Azarina, S., & Lee, B. (2008). Optimization of headspace solid-phase microextraction for the analysis of specific flavors in enzyme modified and natural Cheddar cheese using factorial design and response surface methodology. *Journal of Chromatography A*, 1195(1-2), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.04.067>
- Kendirci, P., Salum, P., Bas, D., & Erbay, Z. (2020). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: II- effects of lipases. *Food and Bioprocess Processing*, 122, 230-244. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.05.010>
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Fox, P. F. (2001). A survey of lipolytic and glycolytic end-products in commercial Cheddar enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 66-73. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74453-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74453-0)
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Fox, P. F. (2006). A novel two-stage process for the production of enzyme-modified cheese. *Food Research International*, 39(5), 619-627. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.12.006>
- McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
- Mohebbi, M., Barouei, J., Akbarzadeh-T, M. R., Rowhanimanesh, A. R., Habibi-Najafi, M. B., & Yavarmanesh, M. (2008). Modeling and optimization of viscosity in enzyme-modified cheese by fuzzy logic and genetic algorithm. *Computers and electronics in Agriculture*, 62(2), 260-265. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.01.010>
- Moosavi-Nasab, M., Radi, M., & Jouybari, H. A. (2010). Investigation of enzyme modified cheese production by two species of *Aspergillus*. *African Journal of Biotechnology*, 9(4), 508-511.
- Moskowitz, G. J., & Noelck, S. S. (1987). Enzyme-Modified Cheese Technology. *Journal of Dairy Science*, 70, 1761-1769. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80208-4](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80208-4)
- Noronha, N., Cronin, D. A., O'Riordan, E. D., & O'Sullivan, M. (2008). Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*, 106(3), 905-913. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.059>
- Noronha, N., Cronin, D., O'Riordan, D., & O'Sullivan, M. (2008). Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry*, 110(4), 973-978. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.011>
- Seo, H.-J., Son, J.-Y., & Kim, Y.-S. (1995). Production of Enzyme Modified cheese. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 8(3), 192-198.
- Varming, C., Andersen, L. T., Petersen, M. A., & Ardö, Y. (2013). Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. *International Dairy Journal*, 30(1), 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.002>