

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЗИРОВАННЫХ СЫРОВ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Галина Михайловна Свириденко, д-р тех. наук, руководитель направления микробиологических исследований молока и молочных продуктов

Анастасия Николаевна Шишкина, младший научный сотрудник

Василий Валерьевич Калабушкин, канд. тех. наук, руководитель направления исследований по технологии плавленых сыров

Елена Васильевна Алексеева, младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова, г. Углич

В статье представлены результаты исследований вкуса, запаха, консистенции, активной кислотности, пенетрационного напряжения и комплекса функциональных свойств продуктов, смоделированных на основе белково-углеводного сырья, состоящего из казеина и модифицированного крахмала, произведенных по технологии термизированных сыров. Физико-химическая оценка проводилась стандартизованными методами. Функциональные свойства (натираемость, плавимость, образование блистеров, сгораемость, растяжимость) образцов оценивали с использованием специализированной шкалы оценки сыров для пиццы, разработанной во ВНИИМС. Установлено, что вкус продукта зависит от соотношения казеин/крахмал. На консистенцию и pH готового продукта, помимо соотношения казеин/крахмал, влияет вид модифицированного крахмала и концентрация эмульгирующей соли. Выявлена взаимосвязь пенетрационного напряжения и исследованных функциональных свойств продуктов с сырьевым составом, массовой долей влаги и концентрацией эмульгирующей соли. Проведен регрессионный анализ и получены уравнения зависимости плавимости и растяжимости продуктов от их состава. Установлено оптимальное соотношение сырьевых компонентов для получения продукта, максимально приближенного по комплексу показателей к термизированным сырам. Состав продукта: 25,8 % сычужного казеина, 18,3 % модифицированного крахмала BL 240 (соотношение белок/углевод – 58,5/41,5), 1,0 % эмульгирующей соли и 54,9 % воды (для влажности готового продукта $60,0 \pm 2,0$ %).

Ключевые слова: функциональные свойства, пицца, казеин, крахмал, органолептические свойства, шкала оценки, регрессионный анализ

Для цитирования: Моделирование белково-углеводного состава продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров / Г. М. Свириденко, А. Н. Шишкина, В. В. Калабушкин, Е. В. Алексеева // Молочная промышленность. 2024. № 3. С. 54–63. <https://www.doi.org/10.21603/1019-8946-2024-3-5>

ВВЕДЕНИЕ

Для приготовления пиццы в настоящее время широко применяются не только термизированные сыры, выработанные на основе натуральных сыров, но и молокосодержащие продукты, в том числе на основе белково-углеводных концентратов, что обусловлено простотой их изготовления и рентабельностью, связанной с заменой молочных компонентов более дешевым сырьем. В зарубежной и отечественной литературе для таких продуктов используются термины «аналог сыра» и «имитационный сыр»¹ [1, 2].

Одним из важнейших компонентов, определяющих биологическую ценность молокосодержащих продуктов для пиццы, является молочный белок. Для производства молокосодержащих продуктов в качестве белковых компонентов молочного происхождения применяют сырное зерно, сырные обрезки, творог, сухие молочные белки, сухое обезжиренное молоко,

сухую молочную сыворотку и казеин. Это позволяет производителю увеличить ассортимент выпускаемых продуктов и иметь возможность выбора сырья в зависимости от сезонности и себестоимости [3–5].

Основой продуктового ассортимента молокоперерабатывающих предприятий, которые специализируются на производстве товаров в сегменте HoReCa, являются молочно-белковые концентраты и изоляты. Концентраты молочного белка – продукты, получаемые путем фракционирования обезжиренного молока методом ультрафильтрации, содержащие белковой фракции в сухом веществе от 42 до 85 % [6–8]. Изоляты молочного белка содержат около 90 % белка в сухом веществе с соотношением казеина и сывороточных белков, соответствующим их соотношению в молоке [9, 10]. Применение концентратов и изолятов молочного белка в производстве молокосодержащих продуктов дает ряд преимуществ, благодаря

¹Рогожкина, Е. Вопросы качества молокосодержащих продуктов с заменителем молочного жира / Е. Рогожкина // Переработка молока. 2021. № 8. С. 46–47. <https://elibrary.ru/lbvmzy>



Источник изображения: rezeel.com

их функциональным свойствам, таким как растворимость, влаго- и жирудерживающая способность, эмульгирующая способность и гелеобразующие свойства. Они являются потенциальными сырьевыми компонентами, которые можно использовать для изменения и оптимизации функциональных и структурных характеристик продукта. Данные компоненты применяются в молочкосодержащих продуктах для уменьшения сгораемости при выпечки пиццы [11, 12].

Концентраты сывороточного белка – наиболее распространенные ингредиенты, получаемые путем фракционирования сыворотки методом ультрафильтрации. За счет удаления небелковых веществ готовый продукт содержит не менее 25 % белка в сухом веществе [13, 14]. Однако применение сывороточных белков и концентратов на их основе провоцирует появление многочисленных блистеров, которые придают пицце «пятнистый» рисунок расплавленного молочкосодержащего продукта на поверхности пиццы. Это необходимо учитывать при расчете используемой концентрации сывороточных белков [15, 16].

Большинство молочкосодержащих продуктов производят на основе казеинов и казеинатов. Казеинаты используют, в основном, для пастообразных продуктов, выработанных по технологии плавящихся

сыров. Сычужный казеин предпочтительнее для полутвердых блочных продуктов, особенно для аналогов сыра для пиццы, где он обычно придает лучшую плавимость и растяжимость, чем кислотный казеин или казеинаты натрия и кальция [16, 17].

Среди всего многообразия используемых в молочной промышленности пищевых добавок значительный удельный вес имеют крахмалы различных типов. Крахмал является уникальным углеводом за счет его состава и технологических свойств [18]. Использование крахмалов в пищевой промышленности обусловлено их дешевизной, доступностью, нетоксичностью, биоразлагаемостью и легкостью преобразования физико-химических свойств путем различных модификаций [19]. К источникам крахмала относится картофель – 24 %, пшеница – 64 %, кукуруза – 70 %, рис – 75 % крахмала² [20].

В настоящее время, помимо нативных крахмалов, получаемых из разных источников растительного происхождения, активно применяются модифицированные крахмалы. Модифицированный крахмал – это нативный крахмал, у которого изменено одно или более первоначальных свойств путем соответствующей обработки [21]. Для модификации крахмала применяют химические (взаимодействие с щелочами и кислотами), физические (влияние высоких температур), ферментативные и биотехнологические методы или их комбинации [19, 21]. Его модификация осуществляется для придания специфических функциональных возможностей, улучшения образования пленки, адгезии, текстуры, прозрачности и блеска геля, уменьшения синерезиса, ретроградации, повышения стабильности при замораживании-оттаивании и изменения его кулинарных свойств [19, 22].

Diamantino V. R. с соавторами [23] изучали поведение различных типов нативного и модифицированного крахмала в дисперсиях с казеинатом кальция и в казеиновой матрице, для оценки возможности потенциального использования в качестве заменителей жира в сыре. Установлено, что модифицированные крахмалы показали наилучшие результаты при использовании в сырных продуктах с пониженным содержанием жира. Модифицированные крахмалы повышают вязкость сгустка, обладает высокой водосвязывающей способностью и способны увеличивать влажность продукта [23].

²Агаркова, Е. Ю. Новые виды крахмалов в функциональных молочных продуктах / Е. Ю. Агаркова, А. Г. Кручинин // Переработка молока. 2018. № 6. С 50–51. <https://elibrary.ru/xqhczn>



Источник изображения: rexeis.com

Dharaiya с соавторами [24] сравнивали натуральный сыр Моцарелла с его аналогом, произведенным на основе кислотного казеина и крахмала. Анализ состава исследуемых образцов показал, что массовая доля влаги, жира и белка натурального сыра и его аналога находятся на одном уровне, а значительная разница наблюдалась в содержании золы, поваренной соли, кальция и показателе pH. Высокое содержания золы в аналоге сыра Моцарелла авторы связывают с применением эмульгирующей и поваренной соли, крахмала и вкусоароматической добавки при его производстве. Натуральный сыр Моцарелла имел более высокую твердость, вязкость, упругость, плавимость, растяжимость и большее выделение свободного жира, чем аналог. Аналог сыра обладал лучшей натираемостью, но требовал больше времени для плавления при 230 °C [24].

Abbasi S. и Nateghi L. [25] исследовали предварительно желатинизированный кукурузный крахмал для улучшения органолептических, физико-химических и функциональных свойств обезжиренного сыра для пиццы. Установлено, что на физико-химические свойства существенно влияют компоненты смеси: твердость обезжиренного сыра для пиццы менялась в зависимости от количества крахмала и содержания жира; растяжимость исследованных образцов увеличивалась по мере увеличения доли сухого молока и крахмала; плавимость увеличивалась по мере увеличения содержания жира и крахмала, уменьшения содержания обезжиренного сухого молока [25].

Нами не найдено отечественных и зарубежных источников, содержащих данные о влиянии белковых и углеводных компонентов на показатели качества и специфические функциональные свойства молочкосодержащих продуктов, используемых в HoReCa.

Целью работы являлось проведение исследований по влиянию соотношения казеин/крахмал, содержания влаги и концентрации эмульгирующей соли на качество и функциональные свойства молочкосодержащих продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись модели молочкосодержащих продуктов, произведенные по технологии термизированных сыров. В качестве сырьевых компонентов применяли:

- белковый компонент молочного происхождения (казеин сычужный пищевой);
 - углеводные компоненты: модифицированный крахмал BL 240 и крахмал модифицированный ацетатный «КМА 1»;
 - цитратно-фосфатная эмульгирующая соль и вода.
- План эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1
План эксперимента

Доля казеина, %	Доля крахмала, %	Массовая доля эмульгирующей соли, %	Массовая доля влаги, %
100	0	1	50
100	0	2	50
100	0	1	60
100	0	2	60
80	20	1	50
80	20	2	50
80	20	1	60
80	20	2	60
60	40	1	50
60	40	2	50
60	40	1	60
60	40	2	60
40	60	1	50
40	60	2	50
40	60	1	60
40	60	2	60
0	100	1	50
0	100	2	50
0	100	1	60
0	100	2	60

Данный план выполнялся параллельно для двух крахмалов: BL 240 и КМА 1

В продуктах измеряли активную кислотность потенциометрическим методом и определяли основные органолептические характеристики (вкус и запах, консистенция).

Для сравнительной оценки структурно-механических свойств исследованных образцов использовали реологический показатель «пенетрационное напряжение», которое определяли с помощью пенетromетра AP 4/1.

Функциональные свойства оценивали с помощью шкалы оценки сыров для пиццы, разработанной во ВНИИМС. Максимальное количество баллов натираемость – 5; плавимость – 10; образование (количество и цвет) блистеров – 5; сгораемость – 10 и растяжимость – 15 баллов [26]. Натираемость определяли до выпечки путем измельчения охлажденного до 4 ± 2 °C образца сыра на измельчителе пищевых продуктов. Выпечку смоделированных продуктов проводили при температуре 200 ± 5 °C в течение 12 мин. Плавимость определяли по изменению диаметра образца после высокотемпературной обработки, а растяжимость – с помощью вилочного теста.

Математическую обработку результатов и построение графиков проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010, пакета Statistica 10.0 и Stadia 8.0. Для определения взаимо-

связи растяжимости и плавимости с составом продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров, проводили регрессионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты органолептического анализа вкуса и запаха, консистенции продуктов, смоделированных на основе белково-углеводного сырья, состоящего из казеина и крахмала, произведенных по технологии термизированных сыров, приведены в таблице 2. Предположительно вкус продуктов должен зависеть от соотношения белок-углевод, а консистенция – как от соотношения белок-углевод, так и от влажности продукта и массовой доли эмульгирующей соли.

Анализ данных таблицы 2 показал, что, как и предполагалось, вкус смоделированного продукта зависит от соотношения казеин/крахмал. Выраженность вкуса казеина в готовом продукте определяется его количеством: чем больше сычужного казеина, тем сильнее выраженность его вкуса. С увеличением доли модифицированного крахмала BL 240 и уменьшением доли казеина консистенция исследуемых образцов переходит от излишне плотной, резиновой в эластично-пластичную неоднородную. Применение крахмала КМА 1 приводит к крошливой консистенции, щиплющему вкусу и запаху уксуса. Не выявлено влияния влажности продуктов на их консистенцию, что опровергает ранее сделанные предположения. Мас-

Таблица 2
Органолептические характеристики смоделированных продуктов

Показатель	массовая доля эмульгирующих солей, %	Соотношение казеин/крахмал									
		100/0		80/20		60/40		40/60		0/100	
		$50 \pm 2^*$	$60 \pm 2^*$	$50 \pm 2^*$	$60 \pm 2^*$	$50 \pm 2^*$	$60 \pm 2^*$	$50 \pm 2^*$	$60 \pm 2^*$	$50 \pm 2^*$	$60 \pm 2^*$
Модифицированный крахмал BL 240											
Вкус и запах	1,0 2,0	Выраженный вкус казеина				Умеренно выраженный вкус казеина				Вкус крахмала	
Консистенция	1,0 2,0	Излишне плотная, резиновая, упругая				Плотная, упругая, неоднородная Эластично-пластичная, неоднородная				Плотная, ломкая	
Крахмал модифицированный ацетатный КМА 1											
Вкус и запах	1,0 2,0	Выраженный вкус казеина		Выраженный вкус казеина, слабый щиплющий, запах уксуса		Умеренно выраженный вкус казеина, щиплющий запах уксуса				Сильный щиплющий запах уксуса, вкус крахмала	
Консистенция	1,0 2,0	Излишне плотная, упругая, крошливая				Излишне плотная, слоистая, крошливая Излишне плотная, неоднородная, крошливая				Излишне плотная, ломкая	

* – массовая доля влаги, %

совая доля эмульгирующей соли оказывает воздействие на консистенцию только при соотношении казеин/крахмал 60/40 и 40/60, что не дает нам с точностью утверждать о влиянии дозы эмульгирующей соли на консистенцию исследованных образцов, основываясь только на органолептических показателях.

Результаты исследований активной кислотности и пенетрационного напряжения исследуемых продуктов представлены на рисунках 1 и 2. Предполагалось, что активная кислотность продуктов, произведенных с применением крахмала КМА 1, будет ниже, чем у продуктов, произведенных с применением крахмала BL 240, так как значение pH крахмала КМА 1 ниже, чем крахмала BL 240

Из данных, представленных на рисунке 1, следует, что pH продуктов зависит от вида применяемого крахмала и массовой доли эмульгирующей соли. С увеличением доли модифицированного крахмала BL 240 pH практически не изменяется, что обусловлено нейтральным pH ($6,8 \pm 0,2$ ед. pH). При смене модифицированного крахмала на КМА 1 наблюдается снижение активной кислотности, что объясняется низким значением pH (4,5 ед. pH) самого крахмала. Выявлено, что с увеличением массовой доли эмульгирующей соли возрастает активная кислотность исследованных образцов, что связано с ее буферной емкостью (сдвиг pH на 0,1–0,3 ед.) и согласуется с ранее проведенными во ВНИИМС исследованиями [27].

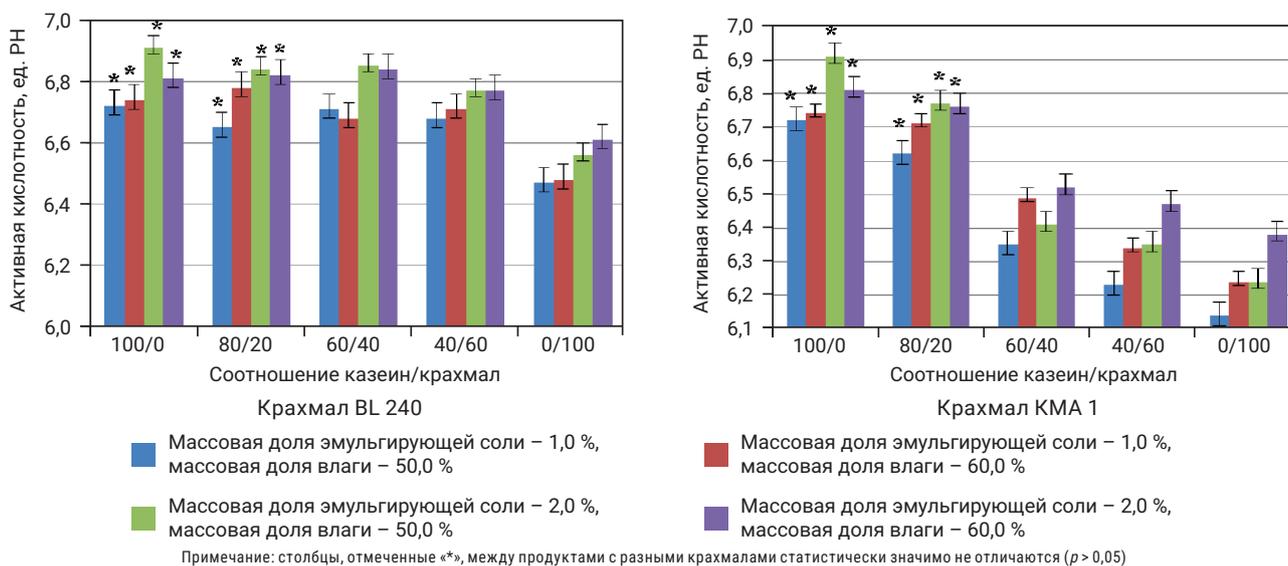


Рисунок 1. Активная кислотность смоделированных продуктов

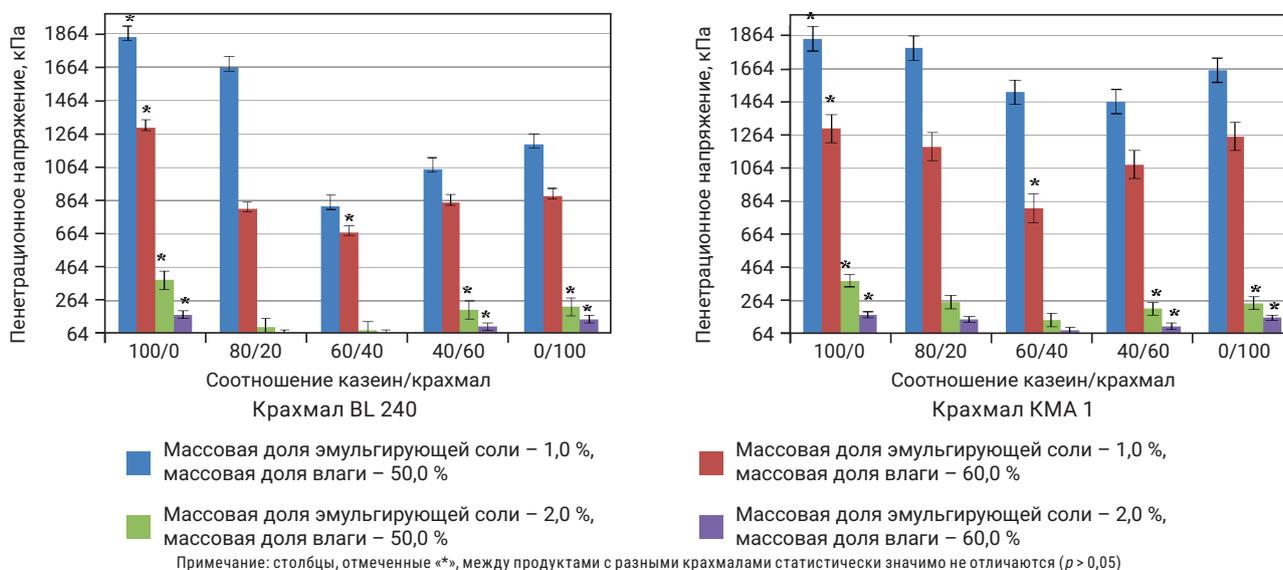


Рисунок 2. Пенетрационное напряжение смоделированных продуктов

Установлено, что пенетрационное напряжение экспериментальных образцов, произведенных по технологии термизированных сыров, связано с соотношением белок-углевод, массовой долей влаги и концентрацией эмульгирующей соли. При применении 100 % сычужного казеина наблюдаются высокие показатели пенетрационного напряжения, что связано с большим содержанием белка, который приводит к излишне плотной консистенции готового продукта. Добавление крахмала при соотношении белок/углевод 40/60 приводит к снижению пенетрационного напряжения из-за разрушения слабых связей между отдельными белковыми частицами и замещения их полисахаридными связями крахмала. Дальнейшее увеличение доли углевода до 100 % приводит к возрастанию пенетрационного напряжения. В данном случае белковые частицы являются наполнителем в полисахаридном геле крахмала, происходит резкое ослабление связей между белковыми частицами, разрушение белкового каркаса и уплотнение полисахаридного геля. Полученные результаты согласуются с исследованиями, проведенными ранее во ВНИИМС на плавленых сырах³. Установлено, что ацетатный крахмал обладает выраженной влагоудерживающей способностью, поэтому пенетрационное напряжение продуктов, выработанных с его использованием, выше, чем у продуктов, выработанных с крахмалом BL 240.

Выявлено, что увеличение массовой доли влаги в исследованных образцах приводит к уменьшению пенетрационного напряжения. Отмечено, что основное влияние на пенетрационное напряжение продуктов оказывает концентрация эмульгирующей соли. При увеличении концентрации эмульгирующей соли с 1 до 2 % условная твердость уменьшается в 5–10 раз. Это вызвано способностью эмульгирующих солей отщеплять связанный с казеином кальций, обеспечивая ионный обмен $\text{Ca}-\text{Na}$, диспергирование белковых частиц [27].

Основными потребительскими характеристиками, определяющими целесообразность использования продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров, для приготовления пиццы, являются функциональные свойства. В условиях эксперимента не представлялось возможным оценить «выделение свободного жира», так как при производстве смоделированных продуктов не применяли жиросодержащие компоненты.



Источник изображения: rezeb.com

³Соколова, Н. Ю. Влияние различных крахмалов на формирование структуры и качественные показатели модельных систем на основе творога / Н. Ю. Соколова, И. Т. Смыков, О. В. Лепилкина, Е. В. Алексеева // Сборник материалов Международной Недели сыроделия и маслоделия, посвященной 70-летию ВНИИМС: От истоков к современности. Углич: ВНИИМС, 2014. С. 133–141. <https://elibrary.ru/ukniad>

Результаты комплексной оценки функциональных свойств исследованных продуктов в зависимости от соотношения казеин/крахмал, процентного содержания эмульгирующей соли и влаги представлены на рисунках 3 и 4. За эталон взят термизированный сыр с максимальными оценками за функциональные свойства по шкале оценки сыров для пиццы.

Анализ данных рисунков 3 и 4 показал, что на функциональные свойства смоделированных продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров, кроме белково-углеводного состава оказывает влияние мас-

совая доля влаги и содержание эмульгирующей соли. Независимо от состава продукта увеличение влаги до $60 \pm 2\%$ оказывает положительное влияние на растяжимость. С увеличением доли казеина для сохранения искомым показателей плавимости и растяжимости необходимо увеличить массовую долю эмульгирующей соли до 2,0%. Содержание крахмала в казеин/крахмальной смеси до 40% не оказывает негативного влияния на функциональные свойства. Однако, дальнейшее увеличение доли крахмала в белково/углеводной смеси приводит к ухудшению натираемости, плавимости и растяжимости, что связано с уменьшением

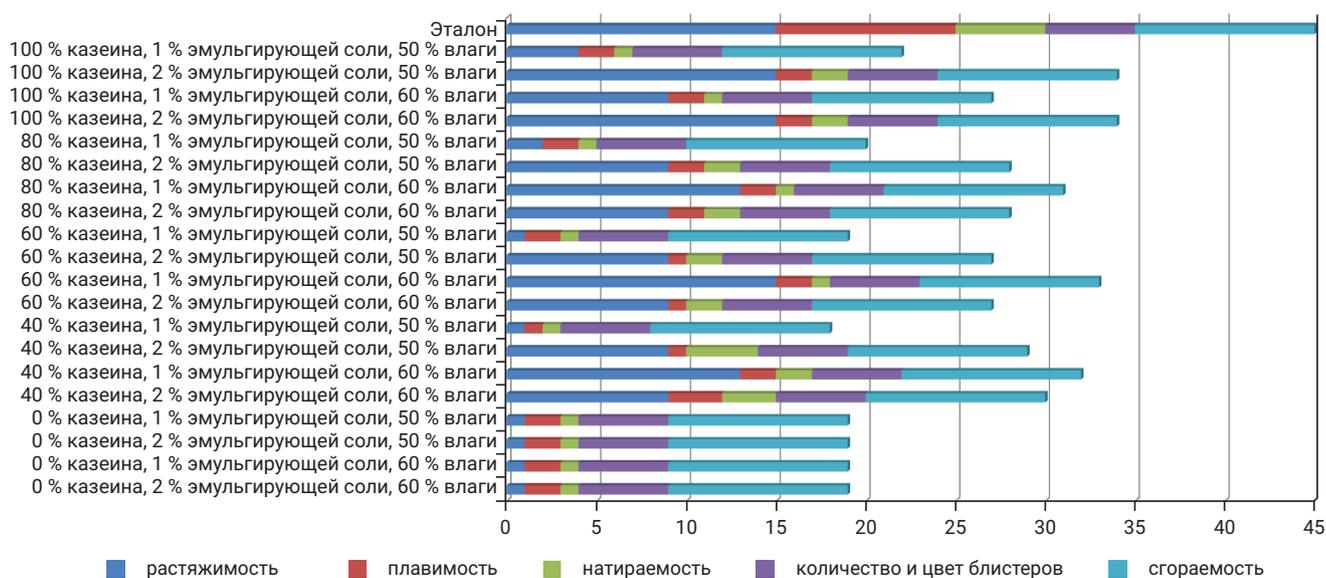


Рисунок 3. Оценка функциональных свойств исследованных продуктов, произведенных с применением модифицированного крахмала BL 240

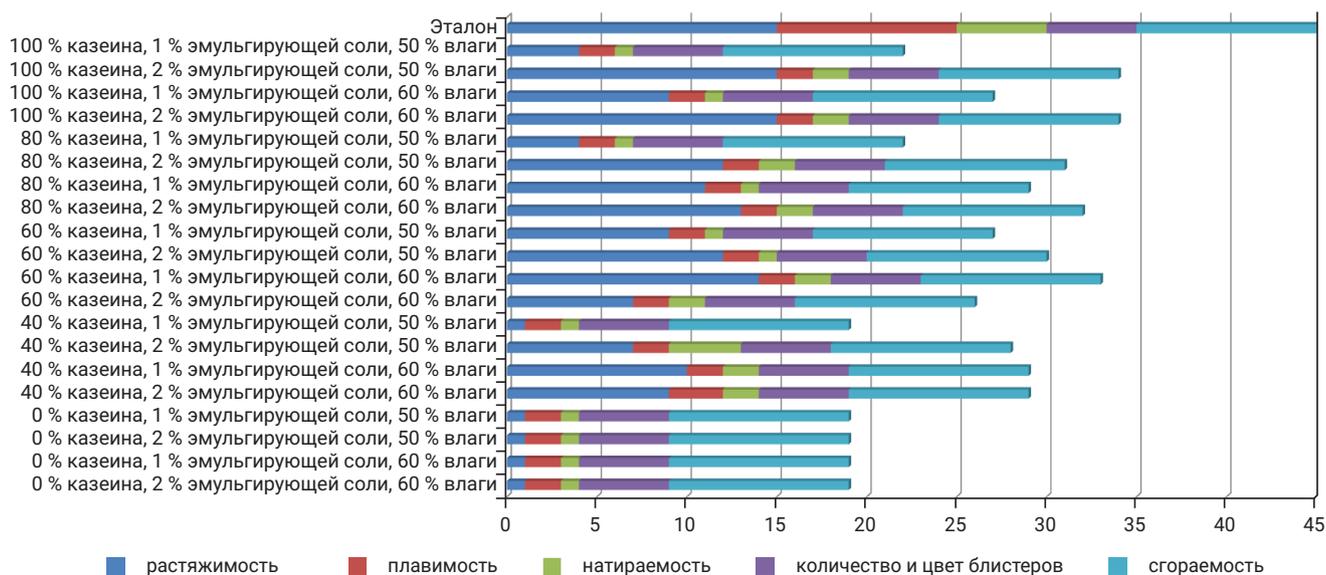


Рисунок 4. Оценка функциональных свойств исследованных продуктов, произведенных с применением крахмала модифицированного ацетатного КМА 1

количества белка и разрушением казеинового каркаса. При содержании крахмала в казеин/крахмальной смеси 60 %, концентрации эмульгирующей соли 2,0 % и влажностью 50 ± 2 % отмечена хорошая натираемость, что соответствует диапазону пенетрационного напряжения 207,93–217,42 кПа. Полученные данные о влиянии состава продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров, на натираемость и растяжимость подтверждаются ранее проведенными исследованиями Dharaiya с соавтрами [24]. Однако в литературе отсутствуют сведения о влиянии соотношения казеин/крахмал, массовой доли эмульгирующей соли и влажности на плавимость молокосодержащих продуктов, произведенных без применения жиросодержащих компонентов.

Установлено, что оценка функциональных свойств образцов, произведенных с использованием крахмала BL 240, выше, чем для образцов, произведенных с крахмалом КМА 1. Низкие оценки функциональных свойств образцов, выработанных с применением модифицированного ацетатного крахмала, связаны с высокими значениями пенетрационного напряжения, более плотной, крошливой и ломкой консистенцией. При производстве

продуктов с использованием 100 % крахмала наблюдается несоответствие комплексу функциональных свойств, за исключением сгораемости и количества блистеров, что связано с отсутствием белкового каркаса.

Молокосодержащие продукты, выработанные с использованием казеин/крахмальной смеси, независимо от их соотношения, не соответствуют всем искомым функциональным свойствам сыров для пиццы.

Проведен регрессионный анализ с целью получения уравнений зависимости функциональных свойств «плавимость» и «растяжимость» смоделированных продуктов от состава. В качестве углеводного компонента выбран модифицированный крахмал BL 240, так как исследованные образцы на его основе обладали лучшими показателями качества и функциональными свойствами. В результате регрессионного анализа получены уравнения зависимости основных функциональных свойств: плавимости (1) и растяжимости (2) от состава термизированных продуктов и построены модели откликов (рис. 5 и 6). Уравнения получены в исследованных диапазонах факторов варьирования.

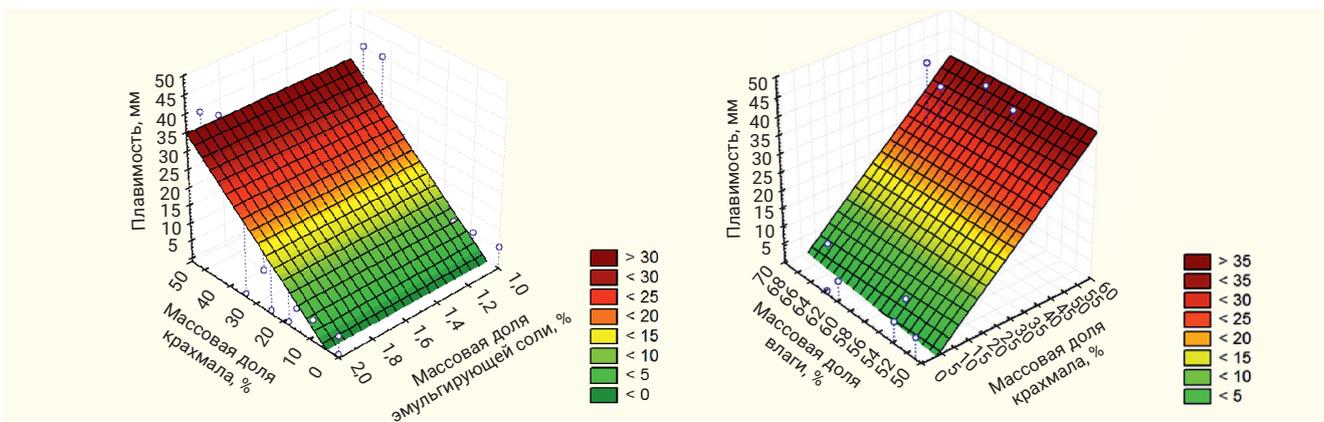


Рисунок 5. Поверхности откликов плавимости от массовой доли крахмала, эмульгирующей соли и влаги в смоделированных продуктах

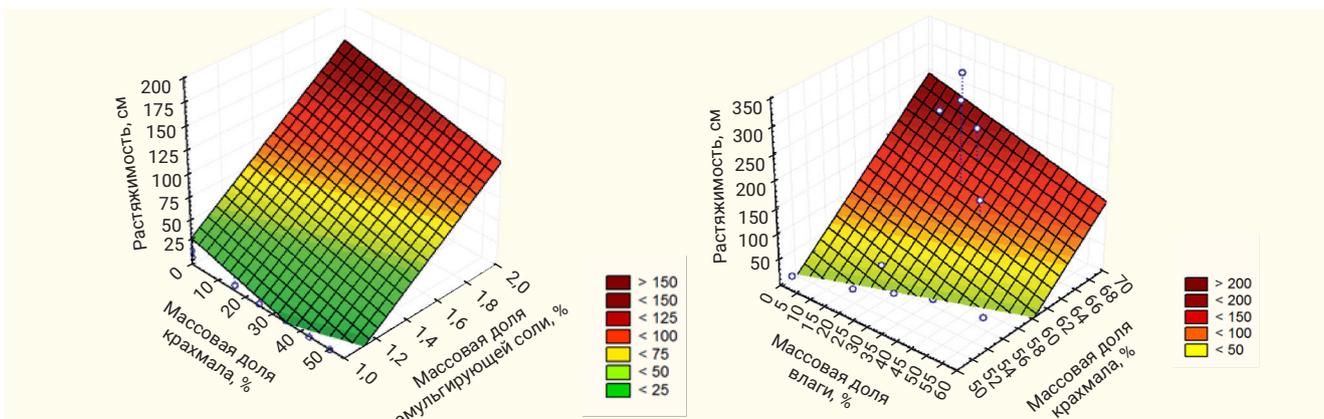


Рисунок 6. Поверхности откликов растяжимости от массовой доли крахмала, эмульгирующей соли и влаги в смоделированных продуктах

$$Y = 112,73 + 0,65X_1X_3 - 0,06X_1X_4 - 0,03X_2X_4$$

где Y – плавимость; X_1 – массовая доля казеина; X_2 – массовая доля крахмала; X_3 – массовая доля эмульгирующей соли; X_4 – массовая доля влаги.

Регрессионная модель адекватна экспериментальным данным, так как $p \leq 0,05$. Коэффициент регрессионной корреляции (R^2) равен 0,80. Установлено, что основное влияние на плавимость смоделированных продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров, оказывают межфакторные взаимодействия исследованных параметров варьирования.

Уравнение регрессии для растяжимости молоко-содержащих продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров, имеет следующий вид:

$$V = 997,83 + 8,62X_1 + 6,99X_2 - 1679,7X_3 - 21,51X_4 + 27,29X_3X_4$$

где V – растяжимость; X_1 – массовая доля казеина; X_2 – массовая доля крахмала; X_3 – массовая доля эмульгирующей соли; X_4 – массовая доля влаги.

Регрессионная модель адекватна экспериментальным данным, так как $p \leq 0,05$. Коэффициент регрессионной корреляции (R^2) равен 0,76. Выявлено, что на растяжимость смоделированных продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров, оказывают влияние все факторы варьирования и межфакторное взаимодействие массовой доли эмульгирующей соли с влажностью.

По результатам проведенных исследований предложен следующий состав молоко-содержащего продукта для пиццы: 25,8 % сычужного казеина, 18,3 % модифи-

цированного крахмала BL 240 (соотношение белок/углевод – 58,5/41,5), 1,0 % эмульгирующей соли и 54,9 % воды (для влажности готового продукта $60,0 \pm 2,0$ %).

По результатам исследований определено влияние сырьевого состава и физико-химических показателей на качество и функциональные свойства молоко-содержащих продуктов, произведенных по технологии термизированных сыров. Установлено, что молоко-содержащие продукты, выработанные с использованием казеин/крахмальной смеси, независимо от их соотношения, не соответствуют в полной мере комплексу искомых функциональных свойств.

ВЫВОДЫ

На основании результатов исследования можно сделать выводы о том, что вкус продукта, произведенного по технологии термизированных сыров, зависит от соотношения казеин/крахмал. На консистенцию исследованных образцов, помимо соотношения казеин/крахмал, оказывает воздействие вид крахмала и концентрация эмульгирующей соли, которые также влияют на pH готового продукта. Выявлено, что пенетрационное напряжение и функциональные свойства продуктов связаны с соотношением белок/углевод, массовой долей влаги и концентрацией эмульгирующей соли. Межфакторные взаимодействия исследованных параметров варьирования оказывают основное влияние на плавимость молоко-содержащих продуктов для пиццы. Все исследованные факторы варьирования и межфакторное взаимодействие массовой доли эмульгирующей соли с влажностью влияют на растяжимость готового продукта после выпечки. Выявлено, что оценка функциональных свойств продукта, произведенного с использованием крахмала BL 240, выше, чем для продукта, произведенного с крахмалом KMA 1. ■

MODELING PROTEIN-CARBOHYDRATE COMPOSITION OF PRODUCTS MADE BY PREHEATED CHEESE TECHNOLOGY

Galina M. Sviridenko, Anastasiya N. Shishkina, Vasilij V. Kalabushkin, Elena V. Alekseeva

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking, Uglich

ORIGINAL ARTICLE

The article describes the taste, smell, consistency, active acidity, penetration tension, and functional properties of products modeled on the basis of protein-carbohydrate raw materials, i.e., casein and modified starch, produced by the thermal technical processing. The physicochemical assessment involved standard methods. The list of functional properties to be tested included grating and shredding, melting, blistering, browning, and elasticity. The specialized pizza cheese rating scale was developed at the All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking. The taste of the product depended on the casein and starch ratio. In addition, the consistency and pH of the finished product depended on the type of modified starch and the concentration of the emulsifying salt. The research revealed a correlation between the penetration tension and raw material composition, moisture mass fraction, and emulsifying salt. The regression analysis made it possible to obtain equations for the effect of composition on melting and elasticity. The optimal ratio of raw materials resulted in a product that was close to preheated cheeses in many indicators: 25.8 % rennet casein, 18.3 % modified starch BL 240 with protein and carbohydrate ratio of 58.5/41.5, 1.0 % emulsifying salt, and 54.9% water, which provided 60.0 ± 2.0 % moisture content in the finished product.

Keywords: functional properties, pizza, casein, starch, sensory properties, rating scale, regression analysis

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Свистун, Н.** Компаннды для имитационных сыров / Н. Свистун // Молочная промышленность. 2012. № 8. С. 78–79. <https://elibrary.ru/pbickn>
2. **Шишкина, А. Н.** Исследование функциональных свойств термизированных сыров, выработанных из замороженного сыра-сырья / А. Н. Шишкина // Пищевые системы. 2021. № 4 (3S). С. 304–308. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-304-308>; <https://elibrary.ru/omjjeb>
3. **Дунаев, А. В.** Имитационные плавленые сырные продукты и вопросы импортозамещения / А. В. Дунаев // Сыроделие и маслоделие. 2017. № 4, С. 36–37. <https://elibrary.ru/zpsbuz>
4. **Зозулин, О.** Вопросы производства имитационных сырных продуктов / О. Зозулин // Переработка молока. 2018. № 9. С. 34–35. <https://elibrary.ru/yvlvvr>
5. **Альтернативные классическому сыру продукты: экономичное производство и разнообразие вкусов** // Сыроделие и маслоделие. 2017. № 4. С. 40. <https://elibrary.ru/zpsbvt>
6. **Agarwal, S.** Innovative uses of milk protein concentrates in product development / S. Agarwal [et al.] // Journal of food science. 2015. Vol. 80. № S1. A23–A29. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12807>
7. **Jana, A.** High protein dairy foods: technological considerations / A. Jana. – Chapter in a book: Dairy Foods. Processing, Quality, and Analytical Techniques. – Woodhead Publishing, 2022. P. 159–193. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820478-8.00013-4>
8. **Дымар, О. В.** Технология производства концентрата общего белка молока / О. В. Дымар, Е. В. Ефимова, И. В. Миклух [и др.] // Молочная промышленность. 2017. № 1. С. 58–60. <https://elibrary.ru/xwoivl>
9. **Garba, U.** Protein isolates: Production, functional properties and application // U. Garba, S. Kaur // International journal of current research and review. 2014. Vol. 6. № 3. P. 35–45.
10. **Володин, Д. Н.** Перспективы производства сухих белковых ингредиентов на основе молочного сырья / Д. Н. Володин, А. С. Гридин, И. А. Евдокимов // Молочная промышленность. 2020. № 1. С. 28–30. <https://elibrary.ru/ygtheu>
11. **Meganaharshini, M.** Review on recent trends in the application of protein concentrates and isolates—a food industry perspective / M. Meganaharshini [et al.] // Food and Humanity. 2023. № 1. P. 308–325. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.05.022>
12. **Shakeel-Ur-Rehman.** Use of dry milk protein concentrate in pizza cheese manufactured by culture or direct acidification / Shakeel-Ur-Rehman, N. Y. Farkye, B. Yim // Journal of dairy science. 2003. Vol. 86 № 12. P. 3841–3848. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73991-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73991-5)
13. **Svanborg, S.** The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk / S. Svanborg [et al.] // Journal of Dairy Science. 2015. Vol. 98. № 9. P. 5829–5840. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9039>
14. **Jeewanthi, C. R. K.** Characteristics of whey proteinhydrolysates from cheese whey, favors onvarious food applications / C. R. K. Jeewanthi [et al.] // Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly. 2014. Vol. 20. № 4. P. 503–509. <https://doi.org/10.2298/CICEQ130221032J>
15. **Dhanraj, P.** Influence of using a blend of rennet casein and whey protein concentrate as protein source on the quality of Mozzarella cheese analogue / P. Dhanraj [et al.] // Journal of Food Science and Technology. 2017. № 54. P. 822–831. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2528-5>
16. **Свириденко, Г. М.** Сыры для пиццы. Необходимость подбора сырья для обеспечения безопасности и функциональных свойств продукта / Г. М. Свириденко, В. В. Калабушкин // Сыроделие и маслоделие. 2019. № 5. С. 10–12. <https://elibrary.ru/jvcizz>
17. **Chavan, R. S.** Cheese substitutes: An alternative to natural cheese - A review / R. S. Chavan, A. Jana // International Journal of Food Science, Technology & Nutrition. 2007. № 2. P. 25–39.
18. **Pérez-Pacheco, E.** Isolation and characterization of starch obtained from Brosimum alicastrum Swartz Seeds / E. Pérez-Pacheco [et al.] // Carbohydrate polymers. 2014. № 101. P. 920–927. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.10.012>
19. **Ashogbon, A. O.** Dual modification of various starches: Synthesis, properties and applications / A. O. Ashogbon // Food chemistry. 2021. № 342. 128325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128325>
20. **Šimková, D.** Effect of cultivar, location and year on total starch, amylose, phosphorus content and starch grain size of high starch potato cultivars for food and industrial processing / D. Šimková [et al.] // Food chemistry. 2013. Vol. 141. № 4. P. 3872–3880. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.080>
21. **Жамбусинова, К. В.** Применение модифицированных крахмалов в пищевой промышленности / К. В. Жамбусинова // Молодежь и наука. 2020. № 10. 13. <https://elibrary.ru/ruviko>
22. **Mehfooz, T.** Effect of cross-linking on characteristics of succinylated and oxidized barley starch / T. Mehfooz, T. M. Ali, A. Hasnain // Journal of Food Measurement and Characterization. 2019. № 13. P. 1058–1069. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-00021-3>
23. **Diamantino, V. R.** Starch as a potential fat replacer for application in cheese: Behaviour of different starches in casein/starch mixtures and in the casein matrix / V. R. Diamantino [et al.] // International dairy journal. 2019. № 89. P. 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.08.015>
24. **Dharaiya, C.** Comparison of natural Mozzarella cheese with acid casein based Mozzarella cheese analogue / C. Dharaiya [et al.] // Indian Journal of Dairy Science. 2021. Vol. 74. № 4. P. 301–308. <https://doi.org/10.33785/ijds.2021.v74i04.003>
25. **Abbasi, S.** The Feasibility of Manufacturing Low Fat Pizza Cheese by Use of Pre-Gelatinized Corn Starch / S. Abbasi, L. Nateghi // Journal of Food Biosciences and Technology. 2022. Vol. 12. № 3. P. 51–66. <https://doi.org/10.30495/jfbt.2022.19731>
26. **Свириденко, Г. М.** Шкала оценки сыров для пиццы / Г. М. Свириденко, В. В. Калабушкин, А. Н. Шишкина // Сыроделие и маслоделие. 2022. № 4. С. 28–32. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2022-4-28-32>; <https://elibrary.ru/fyuryp>
27. **Соколова, Н. Ю.** Влияние российских солей-плавителей на качество плавленых сырных продуктов / Н. Ю. Соколова // Сыроделие и маслоделие. 2010. № 5. С. 20–23. <https://elibrary.ru/muvell>