

17. Пат. 84209 Україна, МПК А21D 8/02 (2006.01): Спосіб виробництва пшеничного хліба [Текст] / Шаніна О. М., Гавриш Т. В., Лобачова Н. Л. – №u201305454; заявл. 26.04.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 9. – 5 с.
18. Попова, С. Ю. Дослідження фракційного складу цукрів вторинних продуктів переробки картоплі [Текст] / С. Ю. Попова // Східно-Європейський журнал передових технологій: науковий журнал. – 2015. – Т. 5, № 6 (77). – С. 23–29. doi: 10.15587/1729-4061.2015.51551
19. Попова, С. Ю. Оптимізація процесу попередньої активації дріжджів [Текст] / С. Ю. Попова, Р. П. Никифоров, А. В. Слащева // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. – Т. 4, № 4 (25). – С. 29–35. doi: 10.15587/2312-8372.2015.51760

Розглянуто хімічний склад різних видів сухої молочної сироватки. Запропоновані критерії та розраховано комплексний показник якості сухої сироватки, на підставі якого обґрунтовано використання сухої сироватки, збагаченої Mg і Mn, в технології хліба спеціального призначення. Оптимальне дозування сироватки для збагачення і продовження свіжості пшеничного хліба складає 5 % до маси борошна

Ключові слова: суха молочна сироватка, збагачена магнієм і манганом, хліб пшеничний спеціального призначення

Рассмотрен химический состав различных видов сухой молочной сыворотки. Предложены критерии и рассчитан комплексный показатель качества сухой сыворотки, на основании которого обосновано использование сухой сыворотки, обогащенной Mg и Mn, в технологии хлеба специального назначения. Оптимальная дозировка сыворотки для обогащения и продления свежести пшеничного хлеба составляет 5 % к массе муки

Ключевые слова: сухая молочная сыворотка, обогащенная магнием и марганцем, хлеб пшеничный специального назначения

УДК 664.66:637.344:613.98

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65778

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБОГАЩЕННОЙ СУХОЙ СЫВОРОТКИ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. И. Украинец

Доктор технических наук, профессор, ректор**

E-mail: info@nuft.edu.ua

О. В. Кочубей-Литвиненко

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра технологии молока и молочных продуктов**

E-mail: okolit@email.ua

Е. А. Билык

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: bilyklena@gmail.com

В. Б. Захаревич

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра технической механики и упаковочной техники**

E-mail: ktp-ukr@bigmir.net

Т. А. Васильченко

Аспирант*

E-mail: tvasil4enko@mail.ru

*Кафедра технологии хлебопекарских и кондитерских изделий**

**Национальный университет пищевых технологий Украины
ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601

1. Введение

Питание может выступать как адаптивный фактор, позволяющий сохранить здоровье человека в преклонном возрасте, так и неадаптивный, усиливающий негативное влияние на здоровье [1].

Правильное питание способствует профилактике заболеваний, продлению жизни, повышению трудоспособности и сопротивляемости организма неблагоприятным факторам. Более 50 % населения Украины свойственны нарушения в системе питания, обусловленные недостаточным либо несбалансированным потреблением белков, витаминов и минеральных веществ [2, 3].

К наиболее значимым факторам, влияющим на поддержание жизненных функций, трудоспособности и активного долголетия человека, относят регулярное поступление в организм человека комплекса микронутриентов [4].

Дефицит пищевых микронутриентов в рационе питания людей старше 60 лет, отражается на их физическом состоянии и здоровье, что, в свою очередь, приводит к развитию хронических заболеваний, нарушению алиментарно-зависящих и алиментарно-влияющих функций организма [5].

Проблема усугубляется тем, что пищевая промышленность Украины практически не производит про-

дукты, учитывающие потребности и особенности питания людей старших возрастных групп.

Важному требованию к питанию людей старше 60 лет, а именно необходимости употреблять 50 % растительных белков от общего количества белка [5], отвечают хлебобулочные изделия, однако они несбалансированы по минеральному составу и быстро теряют свежесть [6]. Поэтому актуальным является усовершенствование существующих и разработка новых рецептур хлебобулочных изделий специального назначения и длительного срока хранения, путем обогащения минеральными веществами, полноценными белками и прочими ценными компонентами, за счет использования молочных ингредиентов.

2. Анализ литературных источников и постановка проблемы

Молочная сыворотка является источником ценных сывороточных белков, в том числе всех незаменимых аминокислот, минеральных веществ, витаминов и уже много лет используется с целью повышения пищевой ценности и продления срока хранения хлебобулочных изделий [7–9]. Вместе с тем, натуральная сыворотка лишена технологической лабильности и не отвечает требованиям современных ускоренных технологий хлебопечения вследствие незначительного срока годности, необходимости дополнительных производственных площадей и оборудования для хранения и дозирования. Поэтому в хлебопечении более перспективно использование концентрированной молочной сыворотки, особенно в технологии хлебобулочных изделий для людей старших возрастных групп, которые предусматривают периодический способ тестоведения.

Динамическое развитие молочной промышленности способствует появлению на мировом рынке новых видов сухих концентратов из молочной сыворотки, требующих изучения.

В последние годы неизменно высокими остаются объемы производства и потребления сухой деминерализованной сыворотки. Освоение мембранных методов и электродиализа позволило решить такие важные технологические проблемы, свойственные молочной сыворотке, как высокая минерализация, соленый привкус и высокая кислотность (для творожной сыворотки) [10].

В зависимости от способа производства, степень деминерализации сыворотки составляет от 25 до 90 %. Известно, что при обессоливании наиболее интенсивно удаляются одновалентные ионы (K^+ , Na^+ , Cl^-), обуславливающие вкусовые свойства сыворотки. С повышением уровня обессоливания удаляются анионы фосфорной и лимонной кислот, что, в свою очередь, приводит к диссоциации комплексов и удалению двухвалентных катионов кальция и магния [10, 11]. При электродиализе также несколько снижается содержание марганца [11].

Известно, что магний и марганец являются ценными минеральными элементами, необходимыми для функционирования организма человека, особенно старше 60 лет. Отмечено, что с процессом старения

у людей изменяется биодоступность магния и марганца, поэтому необходимо увеличивать уровень их потребления [12]. В Украине, США и других странах рацион питания людей старших возрастных групп не восполняет потребности в этих элементах и требует дополнительных источников [3, 13].

Наиболее распространенным способом пополнения дефицита минеральных веществ в пищевых продуктах является внесение минеральных солей неорганических кислот (карбонаты, сульфаты, фосфаты и т. д.) [6]. Однако большинство известных препаратов плохо растворимы в воде, имеют неприятный горький вкус, что может негативно отобразиться на органолептических свойствах хлебобулочных изделий, к тому же минералы в такой форме имеют низкую биологическую доступность [14]. Предпочтительным для повышения биодоступности минеральных веществ является их внесение в составе пищевых ингредиентов и добавок.

В Национальном университете пищевых технологий (Киев, Украина) совместно с исследователями Национального университета биоресурсов и природопользования (г. Киев, Украина) разработан способ обогащения молочной сыворотки магнием и марганцем путем электроискровой обработки сырья. Комплексообразование частиц магния и марганца с биолигандами молочной сыворотки способствует повышению биодоступности этих металлов, поскольку именно в такой форме они функционируют в организме [15].

Исходя из вышеизложенного, сухая молочная сыворотка, обогащенная частицами магния и марганца в биодоступной форме, имеет хорошие перспективы, как ценный компонент хлебобулочных изделий, способный улучшить их качество. Поэтому наравне с удалением нежелательных, с технологической точки зрения, одновалентных ионов (K^+ , Na^+ , Cl^-), интерес представляет целевое обогащение сыворотки магнием и марганцем.

Использование нового сырья в рецептуре хлеба требует изучения ее химического состава, функционально-технологических свойств и влияния на качество хлеба и его сроки хранения.

3. Цели и задачи исследования

Целью данной работы было обоснование выбора и целесообразности введения сухой молочной сыворотки в состав рецептуры хлебобулочных изделий для людей старших возрастных групп.

Для достижения поставленной цели решали такие задачи:

- провести сравнительный анализ химического состава и функционально-технологических свойств сухой сыворотки разных видов;
- подобрать характеристики для расчета комплексного показателя качества сухих концентратов из молочной сыворотки, по которым можно объективно и достоверно прогнозировать их качество и стабильность при хранении;
- определить оптимальное дозирование сухой сыворотки в хлебобулочные изделия специального назначения и установить ее влияние на их качество.

4. Материалы и методы исследования влияния сухой сыворотки, обогащенной магнием и марганцем, на качество хлеба пшеничного для людей старших возрастных групп

4. 1. Исследуемые объекты и материалы, используемые в эксперименте

Сухая молочная сыворотка (СМС № 1) изготовлена из подсырной сыворотки путем распылительной сушки.

Сухая деминерализованная сыворотка (СМС № 2) изготовлена путем обессоливания подсырной сыворотки на электродиализной установке («MEGA», Чехия) и последующей распылительной сушки.

Сухая деминерализованная сыворотка (СМС № 3) изготовлена путем обессоливания подсырной сыворотки на нанофильтрационной установке («GEA», Дания) и последующей распылительной сушки.

Сухую молочную сыворотку, обогащенную магнием и марганцем (СМС № 4), получали аналогично сухой деминерализованной сыворотке, особенностью было проведение объемного электроискрового диспергирования токопроводящих гранул магния и марганца в среде молочной сыворотки, деминерализованной нанофильтрацией. Обработку осуществляли на экспериментальном технологическом комплексе, состоящем из генератора разрядных импульсов, блока управления, проточной разрядной камеры, измерительных и вспомогательных приборов [15].

Параметры электроискровой обработки:

- напряжение зарядки конденсатора – (75±5) В;
- емкость конденсатора – 100 мкФ;
- промежуток между гранулами соответствующих металлов – до 0,1 мм;
- частота импульсов – 0,2...2,0 кГц;
- экспозиция – 60 с для магниевой электродной системы и 30 с – для марганцевой.

Хлеб пшеничный (контроль) изготавливали из пшеничной муки высшего сорта безопарным способом по рецептуре:

- мука пшеничная высшего сорта – 100 кг;
- дрожжи хлебопекарские прессованные – 3 кг;
- соль поваренная – 1,5 кг.

В рецептуру хлеба пшеничного специального назначения для людей старших возрастных групп дополнительно вносили сухую молочную сыворотку в количестве 5 % к массе муки.

4. 2. Методы исследования показателей качества сыворотки и хлеба

Органолептические, физико-химические, функционально-технологические свойства сухой молочной сыворотки и хлеба пшеничного исследовали с использованием стандартных и специальных методов.

Содержание минеральных элементов определяли на атомно-абсорбционном спектрометре AAS1N (Carl-Zeiss Jena, Германия). Регистрация атомного поглощения осуществлялась в пламени ацетилен-воздух.

Степень слеживания (комкования) сухой сыворотки определяли по методике А15а, описанной в рекомендациях научно-исследовательской лаборатории GEA Niro [16], согласно которой пробы сухой

сыворотки выдерживали в условиях повышенной влажности (более 80 % относительной влажности) до достижения равновесия. Затем порошок высушивали и просеивали через сито с порами 500 мкм. Степень слеживания выражали как долю частиц, не прошедших через сито.

Температуру стеклования (Tg) определяли с помощью дифференциального сканирующего микрокалориметра ДСК-2М (Россия), оснащенного компьютерной программой сбора и обработки информации ThermCap, написанной на языке программирования Delphi в Институте технической теплофизики НАН Украины (г. Киев).

Образцы сначала охлаждали до –50 °С со скоростью 16 К/мин. По ДСК-кривым, полученным при нагревании образцов со скоростью 16 К/мин от –50 до +35 °С, определяли температуру стеклования Tg (как среднее значение температурного интервала стеклоперехода). Изменение теплоемкости при стекловании (ΔCp) определяли, как разницу в значениях теплоемкости в начале и конце стеклоперехода.

Поведение исследуемых образцов сухой молочной сыворотки при фасовке, транспортировке, смешивании с другими компонентами (налипание частиц на твердые поверхности) и хранении (слеживание продукта) прогнозировали по изменению диапазона параметров [T–Tg] (T – температура сухого продукта) и ΔCp, установленных по ДСК-кривым.

Способность частиц сухого продукта к слипанию и/или слеживанию во время переработки и хранения прогнозировали по индексу чувствительности к налипанию и слеживанию (SCSI). Индекс SCSI (в диапазоне от 0 до 10) определяли по формуле 1 на основе коэффициентов перерасчета (табл. 1) [17].

$$SCSI = \text{Коэффициент перерасчета } |T - T_g| + \text{Коэффициент перерасчета } |\Delta C_p| \tag{1}$$

Таблица 1

Коэффициенты перерасчета для SCSI [17]

T–Tg, °C	ΔCp, Дж/(г·К)	Коэффициент перерасчета
[T–Tg]≤5	ΔCp<0,1	0
5<[T–Tg]≤10	0,1≤ΔCp<0,2	1
10<[T–Tg]≤15	0,2≤ΔCp<0,3	2
15<[T–Tg]≤20	0,3≤ΔCp<0,4	3
20<[T–Tg]≤30	0,4≤ΔCp<0,5	4
30<[T–Tg]	0,5≤ΔCp	5

Неферментативное потемнение сухой молочной сыворотки исследовали по изменению белизны продукта при хранении. Белизну оценивали в условных единицах на приборе Блик-РЗ (Россия) [18].

Для исследования показателей технологического процесса, биохимических и микробиологических изменений в тесте, качества готовых хлебулочных изделий и комплексного показателя качества проводили лабораторные выпечки.

Таблица 2

Химический состав сухих концентратов из молочной сыворотки $n=3$, $p \leq 0,05$

Показатели	Сухие концентраты из молочной сыворотки			
	СМС № 1	СМС № 2	СМС № 3	СМС № 4
Массовые доли, %: сухих веществ	95,0	96,0	97,0	97,8
Лактозы	70,0	76,0	79,0	79,5
Жиры	2,0	1,0	1,0	1,0
Белка	11,0	12,0	13,0	13,3
Золы	7,0	3,0	2,0	2,2
Минеральные вещества, мг/100 г	–	–	–	–
кальций	745	612	659	687
фосфор	580	520	510	534
калий	1700	1138	1002	1012
магний	120	94	93	290
железо	1,5	1,42	1,40	1,40
марганец	0,14	0,12	0,11	1,29
Витамины, мг	–	–	–	–
тиамин (В ₁)	0,20	0,20	0,21	0,21
рибофлавин (В ₂)	1,25	1,28	1,3	1,3
ниацин (РР)	0,79	0,80	0,82	0,81

5. Результаты исследований свойств сухой сыворотки и хлеба пшеничного с ее использованием

С целью обоснования выбора молочных ингредиентов для рецептуры хлеба пшеничного, предназначенного для питания людей старших возрастных групп, исследовали сухую молочную сыворотку, выработанную с использованием различных методов обработки сырья. Химический состав объектов исследования представлен в табл. 2.

Установлено, что исследуемые образцы сухой сыворотки в большей мере отличались минеральным составом. Подтверждено, что вследствие различной ионной подвижности, зависящей от степени диссоциации солей, нанофильтрационная и электродиализная обработка сыворотки перед сушкой приводила к снижению содержания одновалентных ионов (натрий, калий) и частично двухвалентных (кальций, магний) в сухом продукте. Электроискровая обработка сыворотки, напротив, способствовала обогащению сырья и, как следствие, готового продукта ценными минеральными элементами Mg и Mn.

Для проведения объективного сравнительного анализа сухих молочных концентратов из молочной сыворотки с целью введения молочных ингредиентов в рецептуру хлеба пшеничного были предложены такие критерии качества: органолептические показатели, растворимость, хранимоспособность, поскольку они имеют значительный практический интерес, влияют на поведение при переработке, транспортировке и хранении.

Порча сухих продуктов обусловлена химическими, биохимическими и/или физическими изменениями, в том числе миграцией или потерей влаги, способной привести к слеживанию продукта; ферментативным и неферментативным реакциям, проявляющимся в потемнении продукта, особое внимание было уделено выбору показателей, по которым можно объективно и достоверно оценить хранимоспособность сухих продуктов.

Известно, что стабильность продукта при хранении базируется на предположении, что он поддерживается в стеклообразном состоянии. При температурах выше температуры стеклования (T_g) вследствие увеличения молекулярной подвижности и уменьшения вязкости продукта могут проходить процессы окисления, кристаллизации и рекристаллизации, повышение адгезивных свойств, приводящее к изменениям в химическом и физическом состоянии, налипанию частиц на твердую поверхность и слеживанию продукта. Скорость этих изменений определяется разностью между температурой продукта (T) и T_g [20–22]. Известно, что чем меньше разность $[T - T_g]$, тем лучше сохраняется продукт [17, 21, 22]. Учитывая вышесказанное, в данной работе прогнозирование стабильности качественных показателей и изучение поведения сухой сыворотки при хранении проводили с учетом разницы температур $[T - T_g]$.

Комплексный показатель качества с выбранными критериями и коэффициентами весомости представлен в табл. 3.

Подбор сухих концентратов из молочной сыворотки в рецептуру хлеба для людей пожилого возраста осуществляли, опираясь на комплексный показатель качества, рассчитанный с учетом подобранных критериев и их коэффициентов весомости (табл. 4).

Таблица 3

Комплексный показатель качества сухой молочной сыворотки (max=100 баллов)

Показатель	Коэффициент весомости	Бальная оценка				
		5	4	3	2	1
Индекс чувствительности к налипанию, ус. ед.	2,0	0...4	5	6...7	8...9	10
Индекс чувствительности к слеживанию, ус. ед.	2,0	0...4	5	6...7	8...9	10
Белизна, ус. ед.	3,0	99...90	89,9...80	79,9... 70	69,9... 60	59,9 и ниже
Разница температур хранения и стеклования, °С	3,0	0...5	5,1...10	10,1...15	15,1...20	20,1 и выше
Индекс растворимости, см ³	2,0	0,1...0,3	0,4...0,5	0,6...0,8	0,9...1,5	1,6 и выше
Степень слеживания, %	2,0	0...10	10,1...20	20,1...30	30,1...50	50,9 и выше
Внешний вид	2,0	Тонкодисперсный порошок без комочков	Тонкодисперсный порошок с незначительным количеством комочков, легко рассыпающихся при механическом воздействии	Порошок со значительным количеством плотных комочков, рассыпающихся при значительном механическом воздействии	Крупнодисперсный порошок или наличие комочков, не рассыпающихся при механическом воздействии	Порошок с большим количеством крупных комочков, не рассыпающихся при механическом воздействии
Запах	1,0	Чистый, выраженный, свойственный сыворотке,	Интенсивно- или слабовыраженный, свойственный сыворотке без посторонних запахов	Свойственный сыворотке, слегка посторонний, но приемлемый	С посторонними запахами	С очень выраженными посторонними запахами
Вкус	2,0	Свойственный сухой сыворотке, сладковато-солоноватый	Выраженный сладковатый, солоноватый, кисловатый, без посторонних привкусов	Интенсивно выраженный сладковатый, солоноватый, кисловатый, со слегка выраженными посторонними привкусами	Сладковато-солоноватый, кисловатый, с выраженными посторонними привкусами	Очень выраженные посторонние привкусы
Цвет	1,0	От белого до светло-желтого, равномерный по всей массе	От светло-желтого до желтого, равномерный по всей массе	От желтого до кремового, равномерный по всей массе	От кремового до светло-коричневого и/или неравномерный по массе	От светло-коричневого до коричневого и/или неравномерный по массе
Комплексный показатель качества	20,0	100	80,0	60,0	40,0	20,0

Установлено, что наименьшей разностью [T-Tg] характеризовалась сухая сыворотка, обогащенная магнием и марганцем, что свидетельствует в пользу ее стабильности при хранении. Данное предположение подтверждено результатами определения степени слеживания продукта (табл. 4).

Следует отметить, что кроме стабильности к слеживанию частиц образцы сухой молочной сыворотки, изготовленной с использованием электроискровой обработки, положительно отличались от других объектов исследования отсутствием признаков не-

ферментативного потемнения. Они характеризовались наивысшей степенью белизны, которая значительно снижалась ($p > 0,05$) при хранении в течение 8 месяцев при температуре $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности не более 80 %. Остальным образцам было присуще снижение показателя белизны на 10,5...13,7 ус. ед. в зависимости от вида продукта. Потеря белизны говорит о протекании реакции Майяра, которая, как известно, не замедляется даже при низком содержании влаги в отличие от других биохимических процессов.

На основании полученных результатов для дальнейших исследований была выбрана сухая сыворотка, обогащенная магнием и марганцем. С целью изучения влияния обогащенной сухой сыворотки на качество и срок сохранения свежести проводили лабораторные выпекания. Тесто готовили безопасным способом по приведенной выше рецептуре (этот хлеб служил контролем) и с добавлением СМС, обогащенной Mn и Mg.

Оценивали качества хлеба пшеничного по балльной оценке и определяли комплексный показатель качества (табл. 5). На основании оценок табл. 5, построены полиномиальные модели показателей ка-

чества хлеба. Анализ данных показал, что балльная оценка состояния поверхности корочки (Y5) и реологических свойств мякиша (Y9) имели одинаковый вид, хотя коэффициенты весомости разные. Такая же тенденция наблюдается в оценке аромата (Y10) и вкуса хлеба (Y11), а также структуры пористости (Y7) и разжевываемости мякиша (Y12). Это повлияло на общий вид математической модели комплексной оценки качества, но модели отдельных показателей имеют одинаковый вид (рис. 1). Поскольку графические отображения для Y5 и Y9, Y7 и Y12, Y10 и Y11 идентичны, поэтому на плоскости они построены единожды.

Таблица 4

Комплексный показатель качества опытных образцов сухой молочной сыворотки (max=100 баллов) n=3, p≤0,05

Показатель	Коэффициент весомости	Значение показателя/балльная оценка для опытных образцов			
		СМС № 1	СМС № 2	СМС № 3	СМС № 4
Индекс чувствительности к налипанию, ус. ед.	2,0	8	7	8	5
		2	3	2	4
Индекс чувствительности к слеживанию, ус. ед.	2,0	6	5	7	2
		3	4	3	5
Белизна, ус. ед.	3,0	85,3	87,8	90,6	97,4
		4	4	5	5
Разница температур хранения и стеклования, °C	3,0	9,6	13,5	23	1,5
		4	3	1	5
Индекс растворимости, см ³	2,0	0,8	0,3	0,2	0,1
		3	5	5	5
Степень слеживания, %	2,0	19,8	11,0	13,4	1,6
		3	4	4	5
Внешний вид	2,0	Порошок с наличием комочков различной величины, рассыпающихся после приложенного механического воздействия	Тонко-дисперсный порошок с небольшим количеством комочков, рассыпающихся при механическом воздействии		Тонко-дисперсный порошок без комочков
		3	4	4	5
Запах	1,0	Свойственный сухой сыворотке			
		5	5	5	5
Вкус	2,0	Сладковато-солоноватый, с интенсивно выраженным соленым привкусом, без посторонних привкусов		Сладковато-солоноватый, приятный, свойственный сухой сыворотке	
		4	4	5	5
Цвет	1,0	Желтоватый, равномерный по всей массе		Светло желтый, равномерный по всей массе	Белый равномерный по всей массе
		4	4	5	5
Комплексный показатель качества	20,0	69	78	74	98

Таблица 5

Бальная оценка хлеба пшеничного из СМС, обогащенной Mn и Mg (max=100 баллов) n=3, p≤0,05

Показатель качества хлеба	Коэффициент весомости	Контроль	Дозирование СМС, обогащённая Mn и Mg, % к массе муки			
			1,0	3,0	5,0	7,0
Удельный объем, см ³ /100 г	3,0	322	322	328	336	342
		3,6	3,6	3,8	4,0	4,0
Правильность формы	1	Хлеб с выпуклой верхней коркой	Хлеб с куполообразной верхней корочкой			
		4,0	4,0	5,0	5,0	5,0
Цвет корочки	1	Светло-золотистый	Золотистый		Темно-золотистый	
		3,0	4,0	4,0	5,0	5,0
Черствение через 72 ч, ед. пр.	3	36	42	53	68	72
		2,4	2,6	3,0	3,6	3,8
Состояние поверхности корочки	1	Гладкая, единичные мелкие пузырьки, едва заметные мелкие короткие трещины, глянцевая	Безупречно гладкая, без пузырьков и трещин, подрывов, глянцевая		Гладкая, единичные мелкие пузырьки, едва заметные мелкие короткие трещины, глянцевая	
		4,0	4,0	5,0	5,0	4,0
Цвет мякиша	1	Светлый			Очень светлый	
		4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
Структура пористости	1,5	Поры мелкие и средние, распределены достаточно равномерно	Поры мелкие, тонкостенные, распределены по всей поверхности безупречно		Поры разной величины, средней толщины, распределены неравномерно	
		4,0	4,0	5,0	5,0	3,0
Формостойкость подового хлеба	1,0	0,38	0,40	0,42	0,43	0,40
		3,6	4,0	4,4	4,6	4,0
Реологические свойства мякиша	1,5	Мягкая, эластичная	Очень мягкая, эластичная		Мягкая, эластичная	
		4,0	4,0	5,0	5,0	4,0
Аромат хлеба	2,5	Интенсивно выраженный, свойственный хлебу				
		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Вкус хлеба	2,5	Интенсивно выраженный, характерный хлебный				
		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Разжевываемость мякиша	1,0	Достаточно нежная, сочная, хорошо разжевывается	Очень нежная, сочная, хорошо разжевывается		Немного комкуется при пережевывании	
		4,0	4,0	5,0	5,0	3,0
Комплексный показатель качества		77,6	79,6	87,8	92,4	84,9

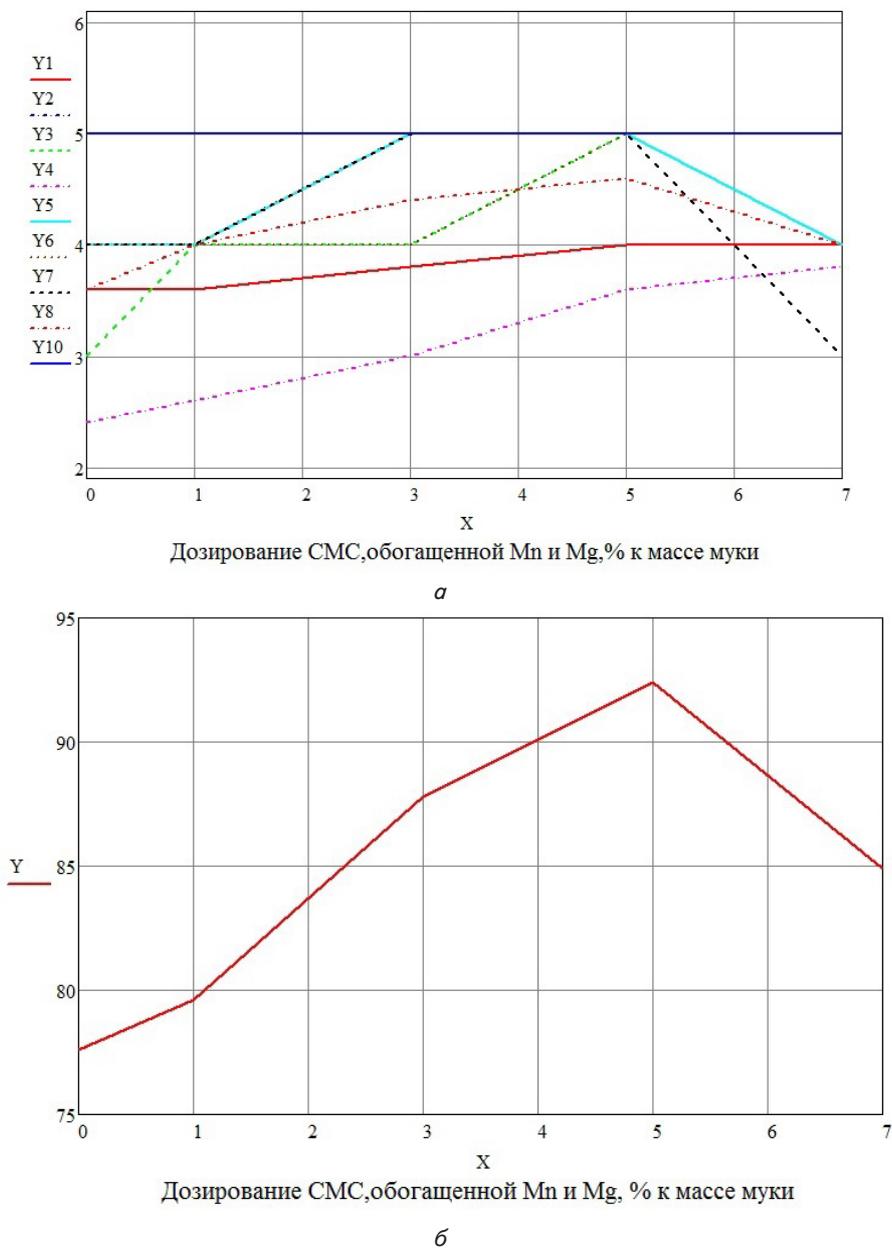


Рис. 1. Графическая интерпретация показателей качества: Y – комплексный показатель качества; Y1 – удельный объем, см³/100 г Y2 – правильность формы; Y3 – цвет корочки; Y4 – очерствения через 72 ч., ед. г.; Y5 – состояние поверхности корочки; Y6 – цвет мякиша; Y7 – структура пористости; Y8 – формоустойчивость подового хлеба; Y9 – реологические свойства мякиша; Y10 – аромат хлеба; Y11 – вкус хлеба; Y12 – разжевываемость мякиша; а – общий вид математической модели комплексной оценки качества; б – модели отдельных показателей

После проведенных лабораторных выпечек, балльного оценивания и расчета комплексного показателя качества остановились на оптимальной дозировке СМС, обогащенной Mn и Mg, – 5,0 % к массе муки. Установлено, что в такой дозировке она положительно влияет на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба.

Положительное влияние оптимального дозирования СМС, обогащенной Mn и Mg, на внешний вид и удельный объем хлеба, продемонстрировано на рис. 2.

Одной из задач исследования было установить влияние обогащенной СМС на черствение хлеба, поскольку желательным требованием к питанию людей

старшего возраста является употребление несвежевыпеченного хлеба [23].

О степени свежести хлеба судили по показателям деформации мякиша и активности воды корки, подкоркового слоя и мякиша через 72 часа.

Результаты экспериментальных данных показателя деформации мякиша (табл. 5) указывают на продление свежести хлебобулочных изделий с повышением дозы СМС. При оптимальном дозировании (5 % к массе муки) степень свежести увеличивается почти в два раза по сравнению с контролем.

Динамика показателя активности воды в процессе хранения для корки, подкоркового слоя и мякиша представлена на рис. 3.



Рис. 2 . Влияние сухой сыворотки, обогащенной Mn и Mg, на качество хлеба: 1 – без сыворотки (контроль); 2 – с обогащенной СМС

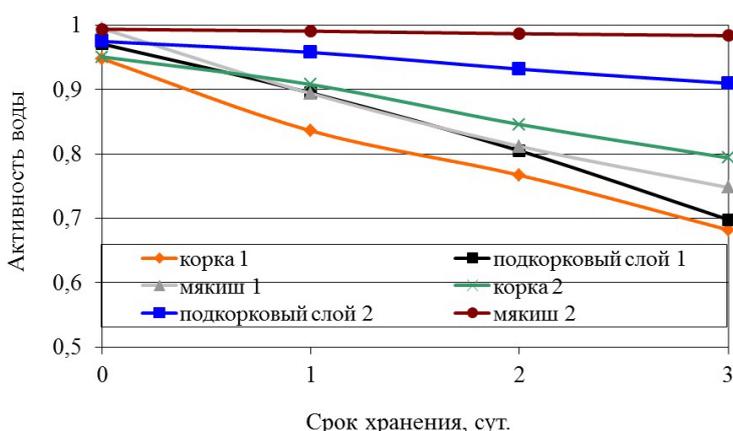


Рис. 3. Динамика активности воды в опытных образцах хлеба: 1 – без сыворотки (контроль); 2 – с обогащенной СМС

Анализ результатов исследований показал, что во время хранения миграция воды с мякиша к корке в изделиях с сухой сывороткой, обогащенной магнием и марганцем, происходит медленнее по сравнению с контролем (без добавок). Таким образом, подтверждается, что внесение инновационного вида сухой сыворотки в хлеб пшеничный снижает скорость черствения.

6. Обсуждение результатов использования СМС, обогащенной Mg и Mn, в технологии хлебобулочных изделий

Результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии электроискрового процесса на качественные показатели сухой сыворотки. Наравне с увеличением содержания магния и марганца наблюдалось снижение индекса растворимости, степени слеживания, повышения температуры стеклования и белизны продукта, что обусловило наивысший комплексный показатель качества.

Химический состав, функционально-технологические свойства и стабильность качества при хранении разработанной СМС, послужили приоритетом при выборе молочных ингредиентов в технологии хлебобулочных изделий для людей старших возрастных групп.

Использовании разработанной СМС в рецептуре хлеба пшеничного в количестве 5 % к массе муки позволило получить изделие высокого качества, обогащенное микронутриентами, длительного срока сохранения свежести. Последнее подтверждено показателями деформации мякиша и динамикой активности воды.

Известно, что хлебобулочные изделия при снижении показателя A_w до 0,70...0,50 характеризуются как черствые [23]. Черствение происходит вследствие миграции воды из мякиша (наивысшее значение A_w) к подкорковому слою и корке (с меньшим значением A_w), в результате чего мякиш становится более сухим и твердым, а корка напротив менее хрустящей, чем перед хранением. Экспериментальными данными установлено, что в образце, изготовленном с использованием обогащенной минеральными веществами сухой сыворотки, показатель A_w мякиша через 72 часа хранения оставался в диапазоне 0,995...0,970, подкоркового слоя – 0,975...0,910, корки – 0,890...0,780, во время как в контроле активность воды снижалась стремительно до диапазона 0,750...0,600. Таким образом, можно сделать вывод, что опытные образцы хлеба с СМС, обогащенной магнием и марганцем, на третьи сутки хранения не имели признаков черствения.

Полученные результаты позволили расширить ассортимент хлебобулочных изделий специального назначения. Развитием и продолжением исследований в данном направлении является проведение клинических исследований на базе Института геронтологии им. Д. Ф. Чеботарева НАМН Украины (г. Киев) в рамках научно-исследовательской тематики 0116U001529 «Наукові засади розроблення інноваційних технологій хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності та термінів їх зберігання».

7. Выводы

Установлено, что сухая молочная сыворотка, разработанная с использованием электроискровой обработки, наравне с увеличением содержания магния и марганца (в 2,4 раза больше магния и в 10 раз больше марганца) отличалась от других исследуемых образцов лучшей растворимостью и стабильностью при хранении.

Учитывая значительный практический интерес, влияние на поведение при переработке, транспортировке и хранении для расчета комплексного показателя качества были выбраны такие критерии: органолептические показатели, растворимость, хранимоспособность (разница температур хранения и стеклования, индекс чувствительности к слеживанию и налипанию, потеря белизны).

Наивысший комплексный показатель качества (98 %) имела сыворотка с обогащенным минеральным составом, что послужило основанием для ее выбора в качестве молочного ингредиента в рецептуре хлеба пшеничного.

На основании проведенных лабораторных выпечек, бального оценивания, расчета комплексного показателя качества и математической обработки данных

установлена оптимальная дозировка СМС – 5,0 % к массе муки.

Доказано положительное влияние сухой сыворотки, обогащенной Mg и Mn, на качество и сохранение свежести хлебобулочных изделий. Установлено, что при оптимальном дозировании (5 % к массе муки) степень свежести по показателю деформации мякиша увеличивается почти в два раза по сравнению с кон-

тролем, что находит подтверждение в динамике показателя активности воды.

Таким образом, полученные результаты доказывают целесообразность введения сухой молочной сыворотки, обогащенной магнием и марганцем в рецептуру хлеба пшеничного, для расширения ассортимента ряда хлебобулочных изделий для людей старших возрастных групп.

Литература

1. Drewnowski, A. Nutrition, Physical Activity, and Quality of Life in Older Adults [Text] / A. Drewnowski, W.J. Evans // *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. – 2001. – Vol. 56, Issue 2. – P. 89–94. doi: 10.1093/gerona/56.suppl_2.89
2. Дубова, Н. Ф. Аналіз законодавства України з питань безпеки та якості харчових продуктів [Текст] / Н.Ф. Дубова // *Гігієна населених місць*. – 2014. – Вип. 64. – С. 241–249.
3. Корзун, В. П. Теоретичні основи створення та вживання продуктів спеціального призначення [Текст] / В. П. Корзун // *Доквілля та здоров'я*. – 2009. – № 1. – С. 63–68.
4. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные подходы и практические решения [Текст] / В. Б. Спиричев, Т. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский // *Пищевая промышленность*. – 2003. – № 3. – С. 10–16.
5. Wilmoth, J. M. Gerontology: perspectives and issues [Text] / J. M. Wilmoth, F. F. Kennet. – NY: Springer Publishing Company, 2013. – 350 p.
6. Шатнюк, Л. Н. Опыт обогащения железом и витаминами пшеничной муки, хлебобулочных изделий и других пищевых продуктов [Текст] / Л. Н. Шатнюк, В. Б. Спиричев // *Пищевая промышленность*. – 2003. – № 8. – С. 92–94.
7. Аношкина, Г. Натуральная молочная сыворотка [Текст] / Г. Аношкина // *Хлебопродукты*. – 2006. – № 7. – С. 56–57.
8. Rahimi, A. R. Effect of whey powder on rheological properties of dough and staling of sangak bread [Text] / A. R. Rahimi, J. Jamaalian // *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. – 2003. – Vol. 7, Issue 1. – P. 179–190.
9. Wronkowska, M. Acid whey concentrated by ultrafiltration a tool for modeling bread properties [Text] / M. Wronkowska, M. Jadacka, M. Soral-mietana, L. Zander, F. Dajnowiec, P. Banaszczuk et. al. // *LWT – Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 61, Issue 1. – P. 172–176. doi: 10.1016/j.lwt.2014.11.019
10. Евдокимов, И. А. Электродиализ - перспективный метод переработки молочной сыворотки [Текст] / И. А. Евдокимов, Д. Н. Володин, Н. Я. Дыкало // *Переработка молока*. – 2001. – № 2. – С. 5–7.
11. Гондар, О. П. Зміна мінерального складу сухої молочної сироватки за різних методів оброблення [Текст] / О. П. Гондар, І. О. Романчук // *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. – 2015. – Т. 1, № 1 (89). – С. 94–99.
12. Vaquero, M. P. Magnesium and trace elements in the elderly: intake, status and recommendations [Text] / M. P. Vaquero // *Journal Nutrition Health and Aging*. – 2002. – Vol. 6. – P. 147–153.
13. Sebastian, R. S. Older adults who use vitamin/mineral supplements differ from nonusers in nutrient intake adequacy and dietary attitudes [Text] / R. S. Sebastian, L. E. Cleveland, J. D. Goldman, A. J. Moshfegh // *Journal of the American Dietetic Association*. – 2007. – Vol. 107, Issue 8. – P. 1322–1332. doi: 10.1016/j.jada.2007.05.010
14. Кукин, М. Ю. Разработка технологий цитрата аммония-железа, лактата магния и комплексных пищевых добавок и их применение в пищевых продуктах [Текст]: автореф. ... канд. техн. наук / М. Ю. Кукин. – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013. – 22 с.
15. Кочубей-Литвиненко, О. В. Способ обогащения молочной сыворотки коллоидными частицами биогенных металлов Mg и Mn, перспективы ее использования [Текст] / О. В. Кочубей-Литвиненко, Е. А. Билык, В. В. Олишевский, А. И. Маринин, К. Г. Лопатько // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2015. – № 3. – С. 36–42.
16. GEA Niro Research Laboratory [Text]. – *Analytical Methods Dry Milk Products*. GEA Niro Analytical Methods, Methods 15 a, 2005.
17. Schuck, P. Water activity and glass transition in dairy ingredients [Text] / P. Schuck, E. Blanchard, A. Dolivet, S. Méjean, E. Oillon, R. Jeantet // *Le Lait*. – 2005. – Vol. 85, Issue 4-5. – P. 295–304. doi: 10.1051/lait:2005020
18. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів [Текст]: навч. пос. / за ред. В. І. Дробот – К.: НУХТ, 2015. – 902 с.
19. Дробот, В. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного и макаронного производства [Текст]: учеб. пособ. / В. И. Дробот, Л. Ю. Арсеньева, Е. А. Билык, В. Ф. Доценко и др. – К.: Центр навч. літ-ри, 2006 – 341 с.
20. Schwartzberg, H. G. Physical chemistry of foods [Text] / H. G. Schwartzberg, R. W. Hartel. – NY: Marcel Dekker, 1992 – 747 p.
21. Roos, Y. H. Importance of glass transition and water activity to spray drying and stability of dairy powders [Text] / Y. H. Roos // *Le Lait*. – 2002. – Vol. 82, Issue 4. – P. 478–484. doi: 10.1051/lait:2002025
22. Kalichevsky-Dong, M. T. The glass transition and microbial stability [Text] / M. T. Kalichevsky-Dong. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2000. – P. 25–53.
23. Pray, L. Providing Healthy and Safe Foods As We Age: Workshop Summary [Text] / L. Pray, C. Boon, E. A. Miller, L. Pillsbury. – Washington: The national academies press, 2010. – 182 p.
24. Килкаст, Д. Стабильность и срок годности. Хлебобулочные и кондитерские изделия [Текст] / Д. Килкаст, П. Субраманиам; под ред. Ю. Г. Базарновой; пер. с англ. – СПб.: ИД «Профессия», 2012. – 444 с.