УДК 663.86:637.344

С.В. Иванов, Е.В. Грек, Е.А. Красуля

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ СЫВОРОТОЧНЫХ НАПИТКОВ С ПОВЫШЕННОЙ ВЯЗКОСТЬЮ

Проанализированы существующие технологии сывороточных напитков. Отмечена целесообразность переработки молочной сыворотки в напитки с повышенной вязкостью. Рассмотрен альтернативный ингредиент растительного происхождения для регулирования консистенции напитка, а именно апельсиновые пищевые волокна Citri-Fi с соответствующими функционально-технологическими свойствами. Для установления оптимальных режимов введения пищевых волокон в молочную сыворотку использовано математическое моделирование в программе MathCad 15. Образцы пищевых волокон исследованы с помощью ультрафиолетового микроскопа. Показатель динамической вязкости гидратированных сывороточно-растительных смесей определен с помощью вискозиметра Гепплера. Представлены исследования условий подготовки и внесения апельсиновых пищевых волокон в молочную сыворотку для получения напитков с повышенной вязкостью. Определены оптимальные параметры процесса повышения вязкости сывороточно-растительных смесей. Дана визуализация преобразований, происходящих с сухим Citri-Fi при набухании в сыворотке, что позволило наблюдать многократное увеличение объема трубчатых волокон. Механизм процесса влагоудерживания подтверждается сохранением волокнистой структуры и значительным увеличением объема фрагмента пищевого волокна за счет поглощения сыворотки. Разработаны рациональные параметры и технологическая схема сывороточных напитков с повышенной вязкостью. Оптимальные режимы подготовки и внесения сывороточно-растительной смеси в основной объем сыворотки: количество Citri-Fi – 4...5 %, продолжительность перемешивания – 10...15 мин, температура набухания – 30...35 °С. Рациональное количество сывороточно-растительной смеси 10...12,5 % при следующих режимах введения в основной объем сыворотки: температура – 50...60 °С, продолжительность перемешивания – 8...10 мин.

Молочная сыворотка, пищевые волокна, математическое моделирование, напитки с повышенной вязкостью.

Введение

Производство напитков – один из рациональных путей использования молочной сыворотки, которая является доступной формой для коррекции пищевого статуса человека путем обогащения физиологическими функциональными ингредиентами с благоприятным влиянием на обмен веществ и иммунитет. Все безалкогольные напитки, включая сывороточные, являются освежающим продуктом в повседневном рационе людей. Пищевая ценность сывороточных напитков связана с обеспечением водного баланса и энергией организма [1–3].

Критерии выбора молочной сыворотки в качестве основы для напитков сформулированные на основе литературных данных и представлены на рис. 1 [4, 5].

Рис. 1. Критерии выбора молочной сыворотки в качестве основы для напитков

Состав молочной сыворотки предопределяет использование ее для выработки различных напитков, включая ферментированные. Напитки на основе нативной сыворотки имеют повышенную ценность за счет сохранения всех составных частей молока. Существует несколько классификаций сывороточных напитков, один из вариантов представлен на рис. 2 [6, 7].

Рис. 2. Классификация напитков из молочной сыворотки

Существует большое количество технологических решений комплексной переработки сыворотки, включая и производство напитков, однако внедрений в производство не достаточно [8–10]. Это связано с проблемой обеспечения производственных процессов современным дорогостоящим оборудованием, отсутствием жестких экологических

требований, санитарного контроля и экономических стимулов, низкой информированностью как производителей, так и потребителей о питательных и лечебно-профилактических свойствах сыворотки и продуктов на ее основе и возможности биотрансформации в углеводные и азотсодержащие производные (лактулозу, этанол, молочную кислоту и др.).

Добавление желатина, крахмала, пектина, ксантановой и гуаровой камеди, агара, каррагинана, протеинового концентрата и др. в разном количестве в молочную сыворотку обеспечивает получение структурированных продуктов с различными вязкопластичными характеристиками, в том числе напитков с повышенной вязкостью [11].

К проблемам, требующим научного обоснования при разработке технологий сывороточных напитков с повышенной вязкостью, относятся: выбор доступного растительного ингредиента; регламентация гарантированного содержания растительной составляющей; рационализация процесса производства.

Альтернативными ингредиентами растительного происхождения для регулирования консистенции напитков могут быть сухие концентраты цитрусовых (Citri-Fi) – серия натуральных улучшенных пищевых волокон. Согласно информации производителя, введение последних в рецептуры молочных продуктов положительно влияет не только на их биологическую ценность, но и на технологические свойства. Апельсиновые волокна обладают структурообразующими и антиоксидантными свойствами [12, 13]. Их внесение в рецептуры позволит стабилизировать вязкостные характеристики, обогатить сывороточные напитки пищевыми волокнами, подчеркнуть полноту вкуса, расширить ассортиментный ряд.

Вся вышеуказанная информация о свойствах и предыдущие исследования «Citri-Fi» – определение их растворимости (70,0±2,1) % и влагоудерживающей способности (в воде значения – (96,0±2,88) %, в сыворотке – (95,0±2,85) %), были использованы для изучения условий подготовки и внесения растительно-сывороточных смесей в основной объем сыворотки для получения напитков с повышенной вязкостью. Для рационализации перемешивания и достижения однородности напитка считаем целесообразным введение предварительной подготовки с обоснованием этого процесса [14].

Цель работы – разработка сывороточных напитков с повышенной вязкостью с учетом возможности прогнозирования поведения сырьевых систем в технологическом цикле.

Объект и методы исследования

Объектом исследований являются апельсиновые пищевые волокна «Citri-Fi 200», производитель – Fiberstar Inc., США (Заключение государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы № 05.03.02-03/50735 от 14.08.2009 г.); сывороточно-растительные смеси, напиток с повышенной вязкостью.

«Citri-Fi 200» – цитрусовое диетическое волокно, полученное из клеточных тканей высушенной апельсиновой мякоти без использования химических реагентов с помощью механической обработки. Апельсиновые волокна по органолептическим показателям – порошок светло-кремового цвета с нейтральным вкусом и запахом со сроком хранения 36 месяцев при температуре не ниже 0 ºС и не выше 32 ºС, относительной влажности воздуха (30...60) %. По данным производителей, «Citri-Fi 200» обладает способностью поглощать от 8 до 13 массовых частиц воды на 1 массовую долю волокна, pH составляет 4,0–5,0. Пищевая ценность 100 г – 224 кКал. Физико-химические и микробиологические показатели апельсиновых пищевых волокон «Citri-Fi 200» представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели «Citri-Fi 200»

Физико-химические показатели		Микробиологические показатели	
Всего жира, %	1,08	Количество бактерий, КУО/г	$<10^5$
Всего углеводов, %	82,55	Дрожжи, плесени, в 1 г	<500
Общее количество клетчатки, %: – растворимой – нерастворимой	75,3 39,6 35,7	Колиформная палочка, в 1 г	<10
Сахар, %	5,38		
Белки, %	7,38	Сальмонелла, в 1 г	негативно
Зола, %	2,46	E. coli, КУО/г	<10

Образцы пищевых волокон Citri-Fi исследовали с помощью ультрафиолетового микроскопа (Axioskop 40, Carl Zeiss, Германия), оснащенного оптической системой люминесцентного осветителя и универсальным конденсором, работающим в диапазоне увеличения от 1x до 100x с возможностью быстрой смены светофильтров.

С применением аутофлюоресценции была получена микрофотография Citri-Fi-200, визуализирующая раскрытую и растворенную структуру ячеек волокон, звенья которых способны связывать значительное количество жидкости и держать ее в течение производственного процесса и хранения про-

дукта, подтверждающая влагосвязывающие свойства, заявленные производителем.

За основную критериальную характеристику эффективности процесса формирования вязкостных характеристик как растительно-сывороточных смесей, так и напитков с их добавлением выбрана динамическая вязкость.

С помощью прикладного математического пакета MathCad 15 были построены трехмерные регрессионные модели, адекватно описывающие изменение динамической вязкости сывороточных смесей с Citri-Fi для внесения в основной объем сыворотки для получения напитков с заданной консистенцией.

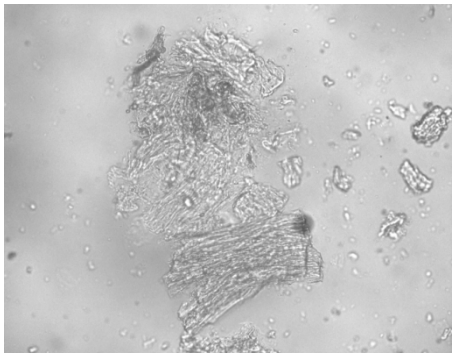


Рис. 3. Визуализация Citri-Fi
с применением аутофлюоресценции

Для оптимизации состава и рационализации условий получения однородного напитка с повышенной вязкостью на первом этапе готовили модельные сывороточно-растительные смеси с разным количеством Citri-Fi (1...11 %). В молочную нативную сыворотку с вышеуказанными показателями, подогретую до температуры (30±2) °С, добавляли цитрусовое волокно в различных количествах и подвергали набуханию во временном диапазоне от 5 до 15 мин и различных температурных режимах от 20 до 40 °С. В гидратированных сывороточно-растительных смесях определяли показатель динамической вязкости на вискозиметре Гепплера ВН-2. Динамическую вязкость расчитывали по формуле:

$$\eta = K \cdot (\rho - \rho_0) \cdot \tau,$$

где η – динамическая вязкость (спуаз); τ – время движения шарика, с; ρ – плотность материала шарика, кг/м^3; ρ_0 – плотность исследуемого продукта, г/см^3; K – постоянная шарика, (спуаз · см^3/г · с).

Для переведения единиц измерения динамической вязкости в систему СИ использовали следующее соотношение: 1 спуаз = 1·10^{-3} Па·с.

Результаты и их обсуждение

Исследования проводились в два этапа: на первом моделировали смеси с оптимальным соотношением Citri-Fi и сыворотки с учетом вязкостных характеристик. На втором – вносили смеси в основной объем в определенном количестве, а также доводили путем смешения до качественных параметров.

Получены многофакторные математические модели, адекватно описывающие изменение динамической вязкости сывороточно-растительных смесей с Citri-Fi при изменении 3-х независимых факторов. В закодированном виде уравнения, описывающие модели, имеют вид:

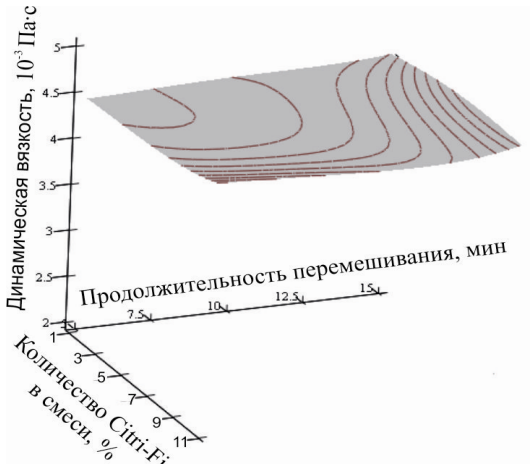
$$Y_1 = 2{,}545 + 0{,}0172\ C_1 + 0{,}0092\ C_2 + 0{,}0505\ C_3,$$

где Y_1 – динамическая вязкость сывороточно-растительный смесей с Citri-Fi, 10^{-3} Па·с; C_1 – количество пищевых волокон в сывороточно-растительной смеси, %; C_2 – продолжительность перемешивания, мин; C_3 – температура набухания, °С.

Адекватность моделей проверена по коэфициентам детерминации R^2Y_1 = 95 %, свидетельствующим о высокой качественной характеристике связи коэффициентов системы, а также сделана проверка с помощью F-теста (F-критерий Фишера) и t-распределения Стьюдента для оценки надежности коэффициентов корреляции.

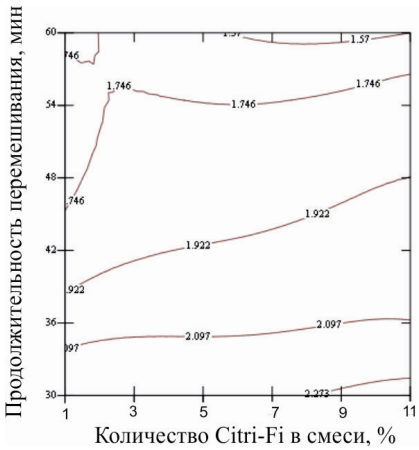
Для комплексного изучения и оптимизации компонентного состава сывороточно-растительных смесей были построены трехмерные регрессионные модели, адекватно описывающие изменение их динамической вязкости при попарном изменении двух независимых параметров («количество Citri-Fi в сывороточно-растительной смеси/продолжительность перемешивания», «количество Citri-Fi в сывороточно-растительной смеси/температура набухания»). Для этих моделей адекватность была проверена по среднеквадратичным отклонениям рассчитанных данных от экспериментальных, которые меньше единицы.

Поверхности отклика и линии постоянных значений динамической вязкости для сывороточно-растительных смесей с Citri-Fi при переменных параметрах температуры набухания, продолжительности перемешивания и количества ПВ приведены на рис. 4–5.



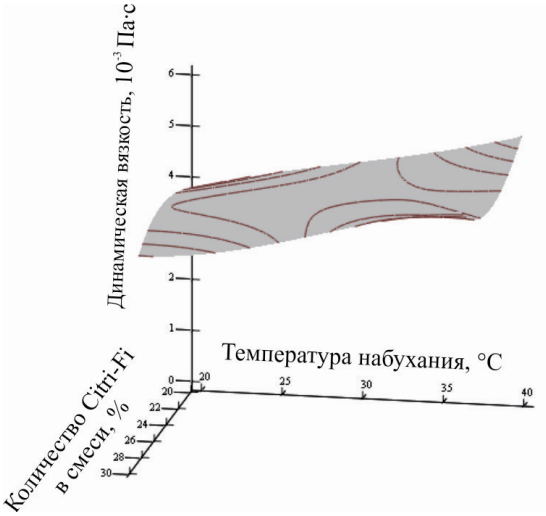
а)

Рис. 4. *Начало*. Поверхность отклика (а) показателя динамической вязкости в сывороточно-растительной смеси с Citri-Fi в зависимости от количества ПВ (C_1, %) и продолжительности перемешивания (C_2, мин)

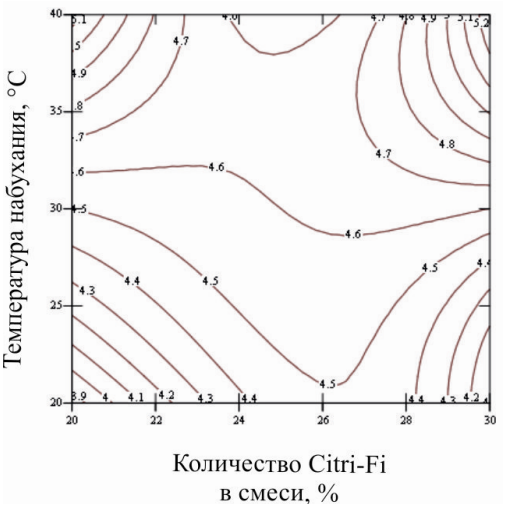


б)

Рис. 4. *Окончание*. Линия постоянных значений (б) показателя динамической вязкости в сывороточно-растительной смеси с Citri-Fi в зависимости от количества ПВ (C_1, %) и продолжительности перемешивания (C_2, мин)



а)



б)

Рис. 5. Поверхность отклика (а) и линии постоянных значений (б) показателя динамической вязкости в сывороточно-растительной смеси в зависимости от ПВ (C_1, %) и температуры набухания (C_3, °С)

Анализ приведенных на рис. 4–5 математических моделей и их графических интерпретаций дает основание утверждать, что как количество Citri-Fi, продолжительность перемешивания, так и температура набухания существенно влияют на показатель динамической вязкости сывороточно-растительных смесей. Области оптимальных значений основной характеристики (показателя динамической вязкости) наиболее сужены в диапазоне перемешивания – 10...15 мин и при температуре набухания 30...35 °С.

Линейный рост значений варьируемых параметров (C_1, C_2, C_3) приводит к увеличению показателя динамической вязкости. Квадратичные эффекты свидетельствуют о наличии областей экстремумов функции отклика: максимума для входных параметров. При добавлении Citri-Fi более 7 % наблюдается стремительное повышение вязкости, поэтому возможны апаратурные осложнения при внесении волокон в основной объем сыворотки.

Сопоставление поверхности отклика выходных параметров и их линий постоянных значений позволяют установить оптимальные параметры процесса повышения вязкости сывороточно-растительных смесей с оптимальным показателем динамической вязкости: количество Citri-Fi – 4...5 %, продолжительность перемешивания – 10...15 мин, температура набухания – 30...35 °С.

Для визуализации преобразований, происходящих с сухим Citri-Fi при набухании в сыворотке, использовали краситель Acridine Orange, что дало возможность наблюдать, как трубчатые волокна увеличиваются в объеме в несколько раз, адсорбируя влагу. Некоторые фрагменты деформированы вследствие изменений растворимой клетчатки (рис. 6).

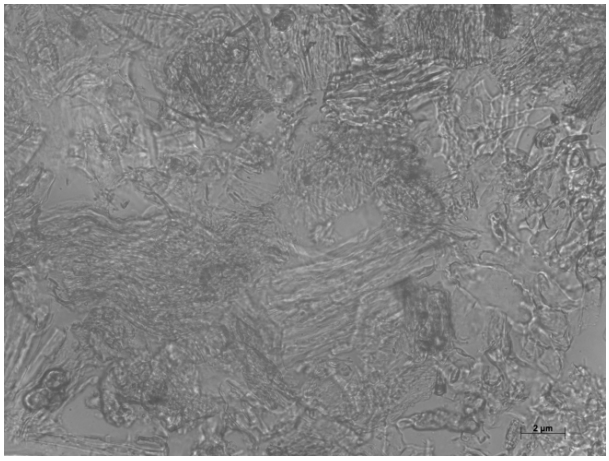


Рис. 6. Апельсиновые пищевые волокна Citri-Fi гидратированные

Установлено, что апельсиновые пищевые волокна, имеющие вид пластин с крепкой монолитной трубчатой структурой, характерной для высокополимерных комплексов, повреждены в некоторых местах в результате механической обработки (раскрыты клеточные ячейки). Кроме того, для апельсиновых пищевых волокон в негидратированном состоянии характерна многослойная структура,

формирующаяся из поврежденных стенок клетчатки с микротрещинами. Подобное строение определяет высокую удельную поверхность углеводного матрикса, и, соответственно, повышенную влагопоглощающую способность, что и подтверждается изображением гидратированного образца Citri-Fi. Наблюдается сохранение волокнистой структуры и резкое увеличение объемов фрагмента за счет поглощения сыворотки, как уже указывалось ранее.

Следующий этап исследования – определение оптимального количества сывороточно-растительной смеси для внесения в основной объем молочной сыворотки с целью получения напитка с повышенной вязкостью. Контроль – вязкий напиток со стабилизатором, напоминающий жидкий кисель (такая органолептическая характеристика соответствует показателю с динамической вязкостью до (2,55±0,13) 10^{-3} Па·с). Для получения модельных напитков повышенной вязкости в молочную сыворотку вносили предварительно подготовленную сывороточно-растительную смесь в количестве от 5 до 15 % с уже определенным количеством пищевых волокон. Температуру смешивания варьировали от 30 до 60 °С, далее проводили механическую обработку полученной смеси в течение 6...10 мин и подвергали пастеризации при температуре (78±2) °С с выдержкой 2…3 мин.

Для изучения влияния трех переменных параметров процесса (количества сывороточно-растительной смеси, продолжительности перемешивания и температуры внесения в основной объем сыворотки) на показатель динамической вязкости повторно был применен вышеуказанный подход к моделированию. В закодированном виде уравнение для напитка с сывороточно-растительными смесями имеют вид:

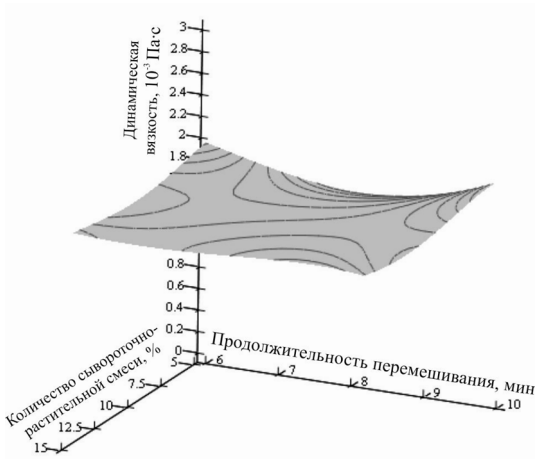
$$Y_1 = 2{,}8262857 - 0{,}00061\,C_1 + 0{,}0095\,C_2 - 0{,}021267\,C_3,$$

где Y_1 – динамическая вязкость напитка с сывороточно-растительной смесью, 10^{-3} Па·с; C_1 – количество сывороточно-растительной смеси, %; C_2 – продолжительность перемешивания, мин; C_3 – температура внесения в сыворотку, °С.

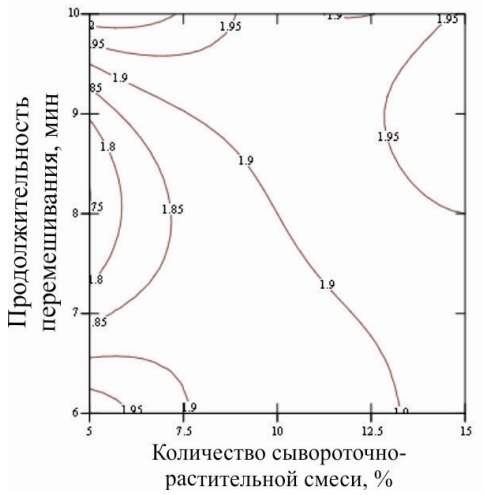
Для комплексного изучения влияния условий процесса и оптимизации состава напитка повышенной вязкости с использованием пакета MathCad 15 были построены трехмерные регрессионные модели, адекватно описывающие изменение динамической вязкости напитка при попарном изменении двух независимых параметров («количество сывороточно-растительной смеси/продолжительность перемешивания с общим объемом сыворотки» и «количество сывороточно-растительной смеси/температура внесения в сыворотку»).

Полученные уравнения регрессии дают возможность прогнозировать поведение всех систем на протяжении технологического процесса.

Поверхности отклика и линии постоянных значений динамической вязкости для напитка с Citri-Fi при переменных параметрах – температуре, продолжительности перемешивания и количестве сывороточно-растительной смеси – приведены на рис. 7–8.

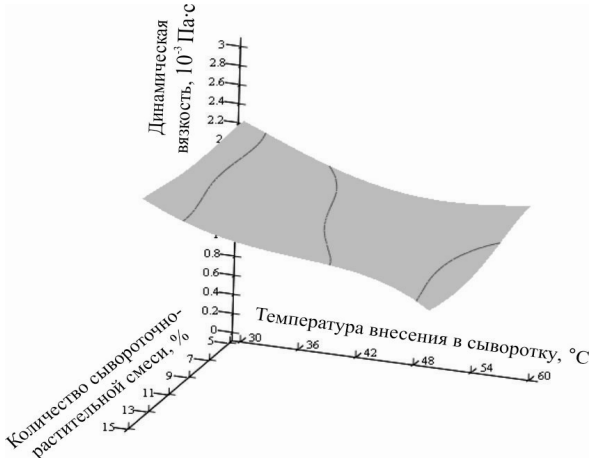


а)



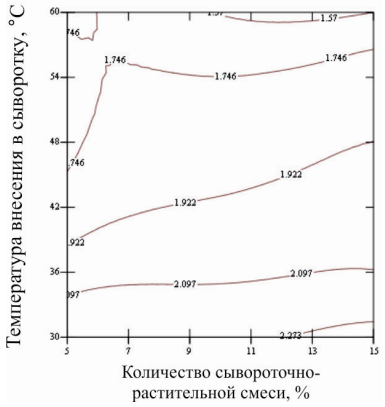
б)

Рис. 7. Поверхность отклика (а) и линии постоянных значений (б) показателя динамической вязкости сывороточных напитков в зависимости от количества смеси с Citri-Fi (C_1,%) и продолжительности перемешивания (C_2, мин)



а)

Рис. 8. *Начало*. Поверхность отклика (а) показателя динамической вязкости сывороточных напитков в зависимости от количества смеси с Citri-Fi (C_1, %) и температуры внесения в основной объем сыворотки (C_3, °С)



б)

Рис. 8. *Окончание.* Линия постоянных значений (б) показателя динамической вязкости сывороточных напитков в зависимости от количества смеси с Citri-Fi (C_1, %) и температуры внесения в основной объем сыворотки (C_3, °С)

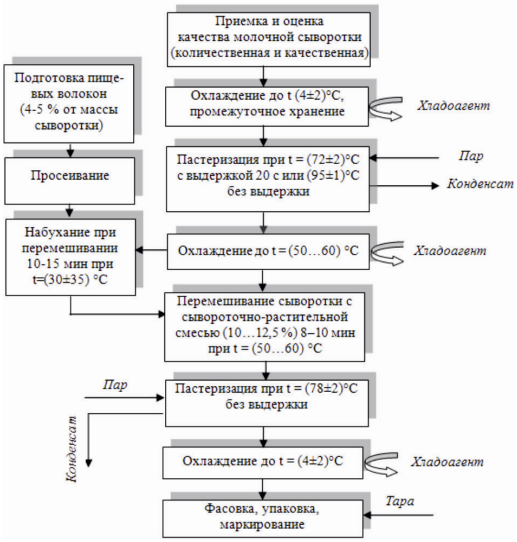


Рис. 9. Параметрическая схема производства сывороточного напитка с повышенной вязкостью

По результатам анализа представленных поверхностей отклика, приведенных на рис. 7–8, установлено, что оптимальным является количество сывороточно-растительной смеси – 10...12,5 %, при следующих режимах введения в основной объем сыворотки: температура – 50...60 °С, продолжительность перемешивания – 8...10 мин. При данных условиях показатель динамической вязкости составляет (2,64...2,68) 10^{-3} Па·с.

На основе результатов исследований разработана технология сывороточного напитка с повышенной вязкостью. Параметрическая схема производства представлена на рис. 9 (слева).

Выводы

Предложенная модель дает возможность прогнозировать поведение сырьевых систем в технологическом цикле получения сывороточных напитков повышенной вязкости. Определены оптимальные параметры процесса повышения вязкости сывороточно-растительных смесей: количество Citri-Fi – 4...5 %, продолжительность перемешивания – 10...15 мин, температура набухания – 30...35 °С. Также определено рациональное количество сывороточно-растительной смеси (10...12,5 %), при следующих режимах введения в основной объем сыворотки: температура – 50...60 °С, продолжительность перемешивания – 8...10 мин.

В работе приведена визуализация сухих и гидратированных образцов апельсиновых пищевых волокон, для которых характерно присутствие сложных многоугольных ассоциатов, соединенных в прочную волокнистую структуру с большим количеством фрагментов оболочек апельсинового пищевого волокна. Также предложена параметрическая схема производства сывороточных напитков с повышенной вязкостью.

Список литературы

1. Чумбуридзе, Т. Польза напитков / Т. Чумбуридзе // Международная научно-практическая конференция «Основы безопасного и сбалансированного питания» (2 ноября 2010 г.) Киев. – 2010. – С. 18–19.

2. Остроумов, Л.А. Использование молочной сыворотки в технологии напитков / Л.А. Остроумов, И.С. Разумникова, С.В. Фролов // Современные наукоемкие технологии переработки сырья и производства продуктов питания: состояние, проблемы и перспективы развития: Международная Научно-исследовательская дистанционная конференция. Омск, 1 марта, 2008. Омск: ОмЭИ. – 2008. – С. 72–73.

3. Jeličić, I.Whey-based beverages- a new generation of diary products / Irena Jeličić, Rajka Božanić, Ljubica Tratnik / Mljekarstvo. – 2008. – № 58 (3). – P. 257–274.

4. Сухих, С.А. Технология тонизирующих напитков на основе вторичного молочного сырья / С.А. Сухих, С.В. Фролов // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 5. – С. 54–55.

5. Bulatović Maja Lj. Whey as a raw material for the production of functional beverages / Bulatović Maja Lj., Rakin Marica B., Mojović Ljiljana V., Nikolić Svetlana B. et al. // Hemijska Industrija. – 2012. – Vol. 66, Issue 4. – P. 567–579.

6. Храмцов, А.Г. Феномен молочной сыворотки / А.Г. Храмцов. – СПб.: Профессия, 2011. – 804 с.

7. Жидков, В.Е. Научно-технические основы биотехнологии альтернативных вариантов напитков из молочной сыворотки / В.Е. Жидков. – Ростов н/д: изд-во СКНЦВШ. – 2000. – 144 с.

8. Свириденко, Ю.Я. Эффективный подход к переработке молочной сыворотки / Ю.Я. Свириденко, Т.А. Волкова // Молочная промышленность. – 2012. – № 7. – С. 44–46.

9. Коротецкая, Н.С. Современное состояние и перспективные направления переработки молочной сыворотки / Н.С. Коротецкая // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 4. – С. 51–54.

10. Волкова, Т.А. О роли продуктов из сыворотки / Т.А. Волкова // Молочная промышленность. – 2012. – № 4. – С. 68–69.

11. Krešić, G. Influence of innovative technologies on rheological and thermophysical properties of whey proteins and guar gum model systems / G. Krešić, An. R. Jambrak, V. Lelas // Mljekarstvo. – 2011. – Vol. 61. – Issue 1. – P. 64–78.

12. Губина, И. Пищевые волокна «Цитр-Фай» – инновация в производстве плавленных сыров / И. Губина // Переработка молока. – 2012. – № 5. – С. 60.

13. Шестопалова, Н.Е. Апельсиновые пищевые волокна Citri-Fi в сбивных массах / Н.Е. Шестопалова // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2010. – № 11. – С. 28–29.

14. Грек, Е. Исследование влияния пищевых волокон на формы связи влаги в смесях с молочной сывороткой / Е. Грек, Е. Красуля // Maisto chemija ir technologija. Mokslo darbai (Food chemistry and technology. Proceedings). Kauno tecnologijos universiteto maisto institutas. Kaunas. – 2013. – T.47, Nr. 1. – P. 15–21.

Национальный университет пищевых технологий,
ул. Владимирская 68, г. Киев-33, 01601, Украина.
Тел. (+38044)289-54-72, (+38044)287-93-33,
e-mail: info@nuft.edu.ua

SUMMARY

S.V. Ivanov, E.V. Grek, E.A. Krasulya

SIMULATION TECHNOLOGY OF WHEY DRINKS WITH HIGHER VISCOSITY

In article existing technologies of whey beverages are analysed. Expediency of processing whey in the increased viscosity beverages is noted. An alternative plant ingredient for regulation of the beverage consistence, namely orange food fibers *Citri-Fi,* with the corresponding functional and technological properties is considered. For establishing the optimum modes of the introduction of food fibers in to whey samples the *MathCad 15* mathematical modeling is used. Food fiber samples are investigated using an ultra-violet microscope. The value of dynamic viscosity of the hydrated whey-vegetable mixes is determined by the Geppler's viscometer. Researches of conditions for preparation and introduction of orange food fibers into whey for receiving the increased viscosity beverages are presented. Optimum parameters for increasing viscosity process for whey-vegetable mixes are determined. Visualization of the dry *Citri-Fi* transformations when swelling in whey is given, that allowed to observe repeated increase in the tubular fiber volume. The mechanism of moisture keeping process is confirmed by preservation of fibrous structure and significant increase in the volume of a food fiber fragment due to whey absorption. Rational parameters and the technological scheme of whey drinks with the increased viscosity are developed. Optimum modes of preparation and introduction of the whey-vegetable mix into the main volume of whey are as follows: quantity of *Citri-Fi* – 4... 5 %, hashing duration – 10... 15 min., swelling temperature – 30 ... 35 ° C. Rational amount of the whey-vegetable mix is 10... 12,5 % under the following modes of its introduction into the main volume of whey: temperature –50... 60 °C, hashing duration - 8... 10 min.

Whey, dietary fibers, IR-spectroscopy, beverages with higher viscosity.

REFERENCES

1. Chumburydze T. Polza napitkov [Good drinks]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Osnovi bezopasnogo i sbalansirovannogo pitania»* [Materials of the International Scientific and Practical Conference «Basics safe and balanced diet»]. Kiev, 2010, pp. 18-19.

2. Ostroumov L.A., Razumnikova I.S., Frolov S.V. Ispolzovanie molochnoj sivorotky v tehnologii napitkov [Use of whey beverage technology]. *Materialy Mezhdunarodnoi Nauchno-issledovatel'skoi distantsionnoi konferentsii «Sovremennie naukoemkie tehnologii pererabotki sirja i proizvodstva produktov pitania: sostojanie, problemi i perspektivi razvitija»* [Materials of the International Research Conference Remote «Modern high technology processing of raw materials and food production: status, problems and prospects of development»]. Omsk, 2008, pp. 72-73.

3. Jeličić I., Božanić R., Tratnik L. Whey-based beverages- a new generation of diary products. *Mljekarstvo*, 2008, No 58 (3), pp. 257-274.

4. Suhih S.A., Frolov S.V. Tehnologia toniziruischih napitkov na osnove vtorichnogo molochnogo sirja [Technology tonics based on the secondary raw milk]. *Achievements of Science and Technology of AIC*, 2008, no 5, pp. 54-55.

5. Bulatović Maja Lj., Marica B.R., Ljiljana V.M., Svetlana N.B. et al. Whey as a raw material for the production of functional beverages. *Hemijska Industrija*, 2012, Vol. 66, Issue 4, pp. 567-579.

6. Chromcov A.G. *Fenomen molochnoj sivorotki* [Phenomenon whey]. Sankt-Peterburg, Proffecia, 2011. 804 p.

7. Jidkov V.E. *Nauchno-tehnicheskie osnovi biotehnologii alternativnih variantov napitkov iz molochnoj sivorotki* [Scientific and technical bases of biotechnology alternatives drinks from whey]. Rostov na Donu, SKNCVSH, 2000. 144 p.

8. Sviridenko Yu.Ya., Volkova T.A. Effektivnij podhod k pererabotke molochoj sivorotki [Effective approach to processing of whey]. *Dairy industry*, 2012, no 7, pp. 44-46.

9. Koroteckaya N.S. Sovremennoe sostoyanie i perspektivnie napravlenie pererabotki molochnoj sivoroyki [Present status and future directions of processing whey]. *Actual problems of Arts and Sciences*, 2012, no 4, pp. 51-54.

10. Volkova T.A. O roli produktov iz sivorotki [On the role of whey products]. *Dairy industry*, 2012, no 4, pp. 68-69.

11. Krešić G., Jambrak An. R., Lelas V. Influence of innovative technologies on rheological and thermophysical properties of whey proteins and guar gum model systems. *Mljekarstvo*, 2011, Vol. 61, Issue 1, pp. 64-78.

12. Gibina I. Pischevie volokna «Citri-Fi» - innovacia v proizvodstve plavlenis sirov [Dietary fiber "Citri-Fi" - an innovation in the production of processed cheese]. *Milk Processing*, 2012, no 5, pp. 60.

13. Shestopalova N.E. Apelsinovie pischevie volokna Citri-Fi v sbivnih masah [Orange fiber Citri-Fi in whipped masah]. *Confectionery and bakery production*, 2010, No 11, pp. 28-29.

14. Grek E., Krasulia E. Issledovanie vliyania pischevih volokon na formu svjazi vlagi v smesiah s molochnoj sivorotkoj [Study of dietary fiber impact on moisture binding forms in mixtures containing milk whey]. *Food chemistry and technology. Proceedings*, 2013, vol. 47, no. 1, pp. 15-21.

National University of Food Technologies,
68, Volodymyrska St., Kyiv-33, 01601 Ukraine.
Phone: (+38044)289-54-72, (+38044)287-93-33,
e-mail: e-mail:info@nuft.edu.ua

Дата поступления: 15.05.2014