УДК 637.1

А.С. Витченко, Н.Б. Гаврилова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНЫХ КАШ ДЛЯ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

Рассматриваются модельные базовые продукты, состоящие из молока и растительных ингредиентов, в их числе гречневая, рисовая и овсяная мука. Экспериментально и аналитически определяется влияние вида и количества растительного ингредиента на комплекс показателей: органолептических, химических, реологических. В качестве объективного показателя, характеризующего степень влияния растительных ингредиентов, рассматривается число (критерий) Рейнольдса.

Модельный базовый продукт, растительные ингредиенты, массовые доли сухих веществ, жира, белка, вязкость, число (критерий) Рейнольдса.

Введение

Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье населения. Правильное питание обеспечивает нормальный рост и развитие детей, способствует профилактике заболеваний, продлению жизни людей, повышению работоспособности и создает условия для адекватной адаптации их к окружающей среде. Вместе с тем в последнее десятилетие состояние здоровья населения характеризуется негативными тенденциями. Продолжительность жизни населения в России значительно меньше, чем в большинстве развитых стран и странах СНГ. Увеличение сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний в определенной степени связано с питанием. У большинства населения России выявлены нарушения полноценного питания, обусловленные как недостаточным потреблением пищевых веществ, в первую очередь витаминов, макро- и микроэлементов (кальция, йода, железа, фтора, селена и др.), полноценных белков, так и нерациональным их соотношением.

Исходя из значимости здоровья нации для развития и безопасности страны и важности рационального питания подрастающего поколения для будущего России, а также из необходимости принятия срочных мер по повышению уровня самообеспечения страны продуктами питания определены цели, задачи и этапы реализации государственной политики в области здорового питания.

Целью государственной политики в области здорового питания является сохранение и укрепление здоровья населения.

Особая роль в рациональном здоровом питании населения отводится созданию принципиально новых продуктов, в которых предусматриваются оптимальные количественные и качественные взаимосвязи основных пищевых и биологически активных веществ. Разработка продуктов функционального питания является важнейшей социальной, экономической и политической задачей, решение которой позволяет не только продлить жизнь человека, но и увеличить активность творческого периода его жизни, сохранить здоровье, бодрость, трудоспособность до глубокой старости.

В настоящее время молочная отрасль имеет большую возможность для увеличения объемов производства продуктов профилактического, диетического, лечебного питания для освоения производства геродиетических продуктов, предназначенных для питания пожилых и престарелых людей.

При этом важнейшим условием при создании рецептур должна быть их высокая пищевая и биологическая ценность с одновременной низкой себестоимостью. К таким продуктам в полной мере относятся молочно-растительные каши [1].

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись:

– молоко коровье сырое не ниже II сорта по ГОСТ 13264;

– растительные ингредиенты – рисовая мука ГОСТ Р 53495-2009, овсяная мука ГОСТ Р 53495-2009, гречневая мука ГОСТ Р 53495-2009;

– молочно-растительные смеси с различным компонентным составом.

Основными индикаторами при выборе рациональных показателей компонентного состава молочно-растительных смесей выбраны:

– органолептические показатели;

– химический состав;

– химические и реологические показатели.

Химический состав и химические показатели (титруемая и активная кислотность) определяли стандартными методами. Реологические показатели (вязкость) определяли на приборе AND Vibro-viscometer SV-10.

Все исследования проведены в условиях лицензированной лаборатории молочного предприятия «Манрос-М» филиал ОАО «Вимм Билль Данн» (г. Омск).

Результаты и их обсуждение

При проектировании многокомпонентного продукта важной составной частью является исследование в модельной рецептурной среде структурно-механических параметров. Реологические свойства продукта характеризуют (определяют, аккумулируют) весь комплекс характеристик – качественные показатели, гидродинамические, включая сепарирование и тепловые процессы в технологии производства разрабатываемого продукта.

Если качественные показатели оцениваются энергетической, пищевой и биологической ценностью продукта, то для оценки реологических параметров продукта используется ряд показателей. Одним из важных показателей, определяющих структуру, является вязкость продукта, для ньютоновских жидкостей – динамическая и кинематическая вязкость, для неньютоновских сред – эффективная вязкость.

В производственной практике пищевых предприятий встречаются как ньютоновские, так и неньютоновские жидкости. К ньютоновским относятся молоко, обезжиренное молоко, сливки, к неньютоновским – жидкие кисломолочные продукты.

При модельном исследовании влияния структурно-механических свойств разрабатываемого продукта на гидродинамические и тепловые процессы, связанные с обоснованием вида оборудования, целесообразно использовать положения теории подобия, которая оперирует числами (критериями) подобия. Построенная модель на основе данной теории позволит целенаправленно определять параметры оптимизации технологических процессов, находить критические точки перехода процесса. Так, например, гидродинамические – при перекачивании продукта (минимальный расход электроэнергии), при тепловых процессах – нагревание, пастеризации, стерилизации (минимальный расход теплоносителя). И устанавливать такие технологические режимы в технологии производства, которые позволят получить качественный продукт с минимальными затратами (энергосберегающие технологии).

Универсальным (широко применяемым в различных процессах) числом (критерием) в гидродинамических и тепловых процессах является безразмерный критерий Рейнольдса (Re), который характеризует режим движения жидкости и рассчитывается по формуле

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta \cdot d_{\text{экв}}}{\upsilon} = \frac{\vartheta \cdot d_{\text{экв}} \cdot \rho}{\mu}, \qquad (1)$$

где ϑ – скорость движения жидкости, м/с; $d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр, м; υ – кинематическая вязкость жидкости, м^2/с; ρ – плотность жидкости, кг/м^3; μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с.

Для гладких прямых труб эквивалентный диаметр равен внутреннему диаметру труб (трубчатые пастеризаторы, трубчатые выдерживатели), для пластинчатых аппаратов эквивалентный диаметр равен:

$$d_{\text{экв}} = 2\,(a + b)\,, \qquad (2)$$

где a – ширина зазора для движения продукта, м; b – длина пластины, м.

При известных конструктивных и гидродинамических параметрах трубчатого и пластинчатого аппаратов, скорости потока, вязкости проектируемого продукта можно рассчитать число Рейнольдса. В прямых гладких трубках принято считать режим движения ламинарный при Re ≤ 2300, при Re > 10 000 – устойчивый турбулентный, при 2300 < Re ≤ 10 000 – переходный режим (неустойчивый турбулентный).

Знание числа Re позволяет рассчитать, с одной стороны, коэффициент гидравлического сопротивления: $\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}$, для ламинарного потока и по формуле Блазиуса $\lambda = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}}}$ – при переходном и устойчивом турбулентном режиме, а с другой стороны, величину гидравлического сопротивления на заданном участке горизонтальной трубы (например, выдерживателе) по формуле

$$\mathrm{Eu} = 0{,}158 \cdot \mathrm{Re}^{-0{,}25} \cdot \frac{l}{d}, \qquad (3)$$

где Eu – критерий Эйлера; l – длина горизонтального участка трубы, м; d – внутренний диаметр трубы, м.

Критерий Эйлера определяет меру отношения сил давления и инерции в потоке (безразмерная потеря напора жидкостей (продукта) в трубках) и записывается в виде:

$$\mathrm{Eu} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot \vartheta^2}, \qquad (4)$$

где ΔP – перепад давления, Па; ρ – плотность жидкости, кг/м^3; ϑ – скорость движения перекачиваемой жидкости по трубе, м/с.

В тепловых процессах режим движения жидкости определяет интенсивность процесса теплопередачи. При турбулентном режиме движения продукта интенсивность теплопередачи выше, чем при ламинарном, поэтому будет наблюдаться снижение расхода теплоносителей (пара и горячей воды) и хладоносителей (например, ледяной воды).

Таким образом, при проектировании нового продукта сложного состава следует учитывать не только его функциональное назначение, но и структурно-механические свойства разрабатываемого продукта, так как это непосредственным образом оказывает влияние на динамику изменения (больше или меньше, наличие критических значений) технологических параметров процессов, что может привести к изменению как качественных показателей продукта, так и себестоимости продукции.

Основная цель исследований – путем изучения комплекса показателей модельных продуктов определить предельные дозы растительных ингредиентов в рецептурах молочных каш для геродиетического питания, а также рекомендовать вид основного технологического оборудования для эффективной тепловой обработки сложных молочно-растительных смесей.

Для проведения исследований были составлены модели базового продукта, т.е. молочно-растительные смеси, в которых регулирующим фактором

выбран вид и количество зерновых ингредиентов. Шаг исследования Δ = 10 мас.%.

При изучении химического состава молочно-растительных смесей с различным видом и количеством зернового ингредиента было установлено, что с повышением дозы от 5 до 20 мас.% увеличивается массовая доля сухих веществ, в основном за счет изменения массовой доли белков и углеводов. Данные представлены на рис. 1–3.

Основным элементом базового продукта является молоко, которое состоит в основном из дисперсионной среды – воды в количестве от 83 до 89 % и дисперсионной фазы (жир, белок, углеводы и др.) – 17–11 %. Вязкость молока складывается из суммы вязкостей его составляющих. В моделях нами изменен состав дисперсионной фазы, т.е. массовые доли сухих веществ, прежде всего белков, что отражается на физическом состоянии молочно-растительных смесей.

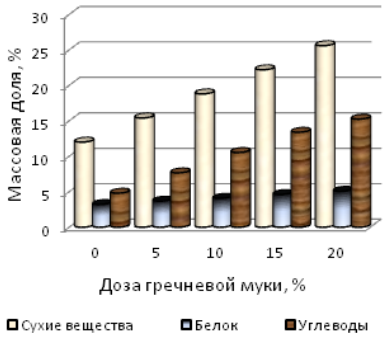

Рис. 1. Влияние вида и дозы растительного ингредиента (гречневая мука) на химический состав модельного базового продукта

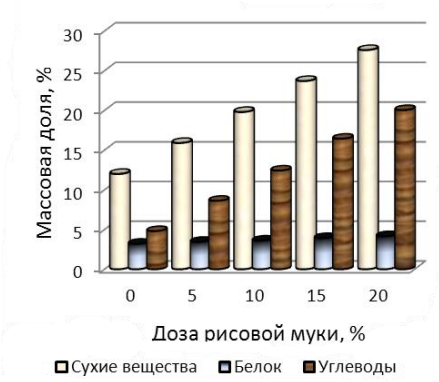

Рис. 2. Влияние вида и дозы растительного ингредиента (рисовая мука) на химический состав модельного базового продукта

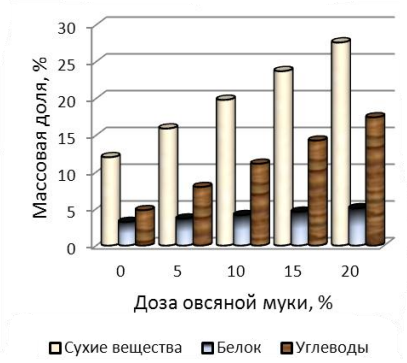

Рис. 3. Влияние вида и дозы растительного ингредиента (овсяная мука) на химический состав модельного базового продукта

Химические, органолептические и реологические показатели модели базового продукта в зависимости от вида и количества растительного ингредиента представлены в табл. 1–3.

Таблица 1

Химические, органолептические, реологические показатели молочно-гречневой смеси

Вариант	Компонентный состав, %		Органолептические показатели		Химические и физические показатели		
					Кислотность		Вязкость, сП
	молоко	гречневая мука	вкус и запах	консистенция	активная, pH	титруемая, °Т	
Опыт 1	95	5	Чистый молочный, со вкусом, свойственным гречневой каше, без посторонних запахов и привкусов	Жидкая, однородная, слабовязкая	6,46	19,0	5,6
Опыт 2	90	10			6,45	21,0	10,4
Опыт 3	85	15	Чистый молочный, со вкусом, свойственным гречневой каше, без посторонних запахов и привкусов	Однородная, вязкая	6,38	22,0	17,6
Опыт 4	80	20			6,33	25,0	29,6

Таблица 2

Химические, органолептические, реологические показатели молочно-рисовой смеси

Вариант	Компонентный состав, %		Органолептические показатели		Химические и физические показатели		
	молоко	рисовая мука	вкус и запах	консистенция	Кислотность: активная, pH	Кислотность: титруемая, °Т	Вязкость, сП
Опыт 1	95	5	Чистый молочный, со вкусом, свойственным рисовой каше, без посторонних запахов и привкусов	Жидкая, однородная, слабовязкая	6,43	19,0	5,8
Опыт 2	90	10			6,44	20,0	10,8
Опыт 3	85	15	Чистый молочный, со вкусом, свойственным рисовой каше, без посторонних запахов и привкусов	Однородная, вязкая	6,42	21,0	18,0
Опыт 4	80	20			6,41	22,0	32,0

Таблица 3

Химические, органолептические, реологические показатели молочно-овсяной смеси

Вариант	Компонентный состав, %		Органолептические показатели		Химические и физические показатели		
	молоко	овсяная мука	вкус и запах	консистенция	Кислотность: активная, pH	Кислотность: титруемая, °Т	Вязкость, сП
Опыт 1	95	5	Чистый молочный, со вкусом, свойственным овсяной каше, без посторонних запахов и привкусов	Жидкая, однородная, слабовязкая	6,35	19,5	6,1
Опыт 2	90	10			6,33	21,0	10,9
Опыт 3	85	15	Чистый молочный, со вкусом, свойственным овсяной каше, без посторонних запахов и привкусов	Однородная, вязкая	6,31	22,0	19,5
Опыт 4	80	20			6,28	25,0	37,0

Из данных, представленных в табл. 1–3, можно сделать вывод о том, что с увеличением дозы растительных ингредиентов вязкость молочно-растительных смесей возрастает. Характер данной зависимости определяется видом растительного ингредиента и его влагоудерживающей способности.

На основании экспериментальных исследований динамической вязкости нами рассчитано число Рейнольдса, результаты представлены в табл. 4. В расчетах было учтено, что 1 сП = $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Таблица 4

Рассчитанное значение числа Рейнольдса для модельных базовых продуктов

Вариант	Доза растительного ингредиента, %	Значение Re для модельных базовых продуктов		
		с гречневой мукой	с рисовой мукой	с овсяной мукой
Опыт 1	5,0	4354,8	4673,3	4200,0
Опыт 2	10,0	2344,0	2334,0	2355,4
Опыт 3	15,0	1385,6	1250,0	1353,8
Опыт 4	20,0	859,1	658,9	761,5

Значения числа Рейнольдса для модельных базовых продуктов в зависимости от вида и дозы растительного ингредиента, приведенные в табл. 4, свидетельствуют, что опыты 1 и 2 находятся в зоне нормального значения числа Рейнольдса, опыт 3 – в зоне переходного смешанного режима течения, а опыт 4 находится в зоне затруднительного движения.

Выводы и рекомендации

Результаты математического анализа опытных данных позволяют считать, что доза растительного ингредиента в рецептурах каш на молочной основе не должна превышать 15 мас.%.

При проектировании технологических линий для новых молочно-растительных продуктов необходимо учитывать их структурно-механические показатели.

Список литературы

1. Гаврилова, Н.Б. Научные и практические аспекты технологии производства молокосодержащих продуктов: монография / Н.Б. Гаврилова, О.В. Пасько, И.П. Каня и др. – Омск: Изд-во «Вариант-Омск», 2006. – 336 с.

ФГБОУ ВПО «Омский государственный
аграрный университет им. П.А. Столыпина»,
644008, Россия, г. Омск, Институтская пл., 2.
Тел./факс: (3812) 65-11-46
e-mail: adm@omgau.ru

SUMMARY

A.S. Vitchenko, N.B. Gavrilova

**INFLUENCE OF COMPONENTAL STRUCTURE
ON QUALITATIVE AND RHEOLOGICAE PARAMETERS
OF DAIRY PORRIDGES FOR GERODIETARY FEEDING**

Model basic milk and vegetative products, such as buckwheat, rice and oat flour are considered. The influence of type and quantity of a vegetative component on the complex of organoleptic, chemical, rheological parameters is experimentally and analytically defined. The Reynolds number is considered an objective parameter describing a degree of influence of vegetative ingredients.

Model basic product, vegetative ingredients, mass fractions of dry substances, fat, fiber, viscosity, Reynolds number.

Omsk state agrarian university
644008, Russian Federation, Omsk city, Institutskaya sq., 2
Phone/Fax: (3812) 65-11-46
e-mail: adm@omgau.ru