УДК 637.073

М.Н. Омаров, В.Г. Блиадзе, Д.Н. Коваленко, З.В. Волокитина

АДАПТАЦИЯ РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУХИХ ВЕЩЕСТВ ПО ШКАЛЕ БРИКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Посвящена определению возможности использования рефрактометрического метода по шкале Брикс для определения содержания сухих веществ в сыворотке, полученной при производстве творога сепараторным способом и обработанной баромембранными методами. Получены данные по взаимосвязи показателя по шкале Брикс и содержания сухих веществ для творожной сыворотки, определены индивидуальные вклады основных компонентов сыворотки в данный показатель. Результаты исследования позволяют использовать измеряемые значения сухих веществ в градусах Брикс для контроля различных технологических процессов переработки сыворотки.

Молочная сыворотка, исследование состава, рефрактометрия, показатель Вх.

Введение

В современной молочной промышленности все большее распространение получают комплексные схемы переработки сырья, направленные на максимальное использование всех компонентов молока. Полученные в процессах производства традиционных молочных продуктов обезжиренное молоко, пахта и сыворотка ввиду их высокой биологической ценности сегодня активно подвергаются дальнейшей переработке.

Молочная сыворотка является ценным побочным сырьем, получаемым при производстве различных видов творога и сыра. По различным оценкам объемы производства молочной сыворотки в России достигают 5,8–6,0 млн т в год [1, 2].

Основную долю сухих веществ сыворотки (более 70 %) занимает лактоза, чуть менее 15 % приходится на белок, оставшаяся часть – это жир, минеральные соли, молочная кислота, а также витамины и ферменты. Данные особенности состава позволяют использовать сыворотку без значительных модификаций в качестве сырья для получения различных напитков, при этом используются все составные части сырья [3, 4]. Но традиционно наиболее значительные объемы данного вида сырья перерабатываются с целью получения сухой или сгущенной сыворотки, различных белковых концентратов, лактозы и ее производных.

При процессах концентрирования наряду с традиционным вакуум-выпариванием широко используются баромембранные технологии: ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос и электродиализ [5]. Данные процессы используются для очистки, концентрирования и фракционирования молочного сырья. Главными преимуществами этих способов обработки являются возможность производства продукта с заданным составом и свойствами, минимальное воздействие на состояние компонентов сырья в процессе обработки, относительно невысокие энергозатраты при ведении процесса.

В процессах концентрирования важнейшим показателем, который дает возможность оценить состав конечного продукта, является фактор концентрирования. Данная величина может быть получена расчетным путем. Но для оценки течения процесса и определения конечной точки концентрирования важно иметь данные о содержании сухих веществ в целом либо о содержании отдельного компонента в составе концентрата в определенный момент.

Традиционные методы анализа, такие как, например, определение массовой доли сухих веществ высушиванием, требуют относительно большого интервала времени для проведения исследования. В то время как при проведении баромембранных процессов, особенно при небольших объемах переработки сырья, требуется быстрое определение этого показателя.

Целью исследования была адаптация методики рефрактометрического определения содержания сухих веществ по шкале Брикс для анализа состава молочной сыворотки в процессах ее переработки.

Объект и методы исследования

Объектом исследования была творожная сыворотка, полученная при производстве творога сепараторным способом.

В качестве экспресс-метода определения массовой доли сухих веществ при проведении различных процессов концентирования молочной сыворотки может быть использован метод рефрактометрии. Для адаптации рефрактометрического метода определения сухих растворенных веществ по шкале Брикс для молочной сыворотки было необходимо установить значение в градусах данной шкалы для сыворотки в целом и оценить вклад отдельных компонентов в общее значение.

Исследования проводились с использованием автоматического рефрактометра Anton Paar Abbemat 350 аналогично ГОСТ Р 51433-99 «Соки овощные и фруктовые. Метод определения содержания растворимых сухих веществ рефрактометром». Точность измерения показателя преломления на приборе составляет ±0,0001 n_D^{20}, или 0,05 % по шкале Брикс. Контроль значения температуры на границе раздела фаз осуществлялся с точностью 0,05 °С. Одновременно производились измерения массовой доли влаги в образцах сыворотки на автоматических анализаторах влажности.

Результаты и их обсуждение

Метод рефрактометрии основывается на измерении показателя преломления луча света при переходе из одной среды в другую. Если исследуемый раствор представляет собой сложную смесь из нескольких компонентов, каждый из них сохраняет свою преломляющую способность, что дает основание рассмотрения общего показателя преломления как аддитивную величину [6].

Преимуществами рефрактометрического анализа является, в первую очередь, небольшая продолжительность проведения исследования (в зависимости от оборудования – от 10 до 60 с), а также высокая точность и воспроизводимость, отсутствие необходимости предварительной подготовки проб и их минимальный объем для исследования (менее 1 см^3).

Показатель преломления молочной сыворотки при температуре 20 °С колеблется от 1,34100 до 1,34275. Он складывается из показателей преломления воды (1,33299) и показателей преломления составных компонентов сыворотки: лактозы, сывороточных белков, остатков казеина (в случае его наличия), минеральных солей и прочих компонентов. Молочный жир в сыворотке представлен в виде эмульсии и не обладает оптической активностью.

Современные автоматические рефрактометры позволяют проводить измерения показателя преломления с точностью до ±(0,0001–0,00002) n_D^{20}, при этом имеют встроенный модуль регулирования температуры, позволяющий проводить анализ строго при 20 °С.

Использование в расчетах и аналитических исследованиях значений показателя преломления в традиционных величинах n_D^{20} достаточно затруднительно, так как определяющими при изменениях концентрации веществ будут значения 4-го и 5-го знаков после запятой. Это делает расчеты громоздкими и трудно визуализируемыми.

Самой распространенной шкалой калибровки автоматических рефрактометров является шкала Брикс. Градус Брикс выражает концентрацию раствора чистой сахарозы в дистиллированной воде в массовых процентах, т.е. количество граммов сахарозы в 100 г раствора. Таким образом, 1 %-ный раствор химически чистой сахарозы имеет показатель преломления n_D^{20} = 1,33442, что соответствует 1 °Вх.

На основании обработки значительного массива данных было установлен диапазон значений Вх для сырой творожной сыворотки в зависимости от исходного содержания сухих веществ в молочной сыворотке, который составил 6,2…6,8 °Вх.

Определено соотношение между показателем Брикс и содержанием сухих веществ, справедливое для сырой не модифицированной по составу творожной сыворотки:

$$Вх/СВ = 1,05…1,09.$$

При проведении мембранных процессов соотношение между основными компонентами сыворотки меняется, при этом вклады в общий показатель Брикс (в пересчете на 1 % концентрации) для них различны. Например, в процессах ультрафильтрационного концентрирования в ретентате по сравнению с исходной сывороткой увеличивается массовая доля белка, в то время как содержание минеральных солей и лактозы уменьшается. Соответственно, применение выведенного для сырой не модифицированной по составу сыворотки соотношения Вх/СВ уже не будет являться справедливым для ультрафильтрационного ретентата.

Для осуществления точного анализа содержания сухих веществ по показателю Брикс в ретентате и пермеате были проведены исследования по оценке индивидуального вклада компонентов сыворотки в показатель Брикс. Смоделированы и исследованы на рефрактометре растворы белка, лактозы, молочной кислоты и минеральных солей в концентрациях, эквивалентных концентрациям данных компонентов в молочной сыворотке.

Для приготовления водных растворов белка использован БСА-стандарт (бычий сывороточный альбумин) в виде 1 %-ного раствора; лактозы – из промышленной лактозы кристаллической; молочной кислоты – из промышленного раствора концентрированного. Была проведена проверка точной концентрации молочной кислоты в промышленном растворе по ГОСТ 490-2006 «Кислота молочная пищевая. Технические условия».

Полученные зависимости показателя преломления по шкале Брикс от концентрации использованного компонента в водном растворе представлены на рис. 1–3.

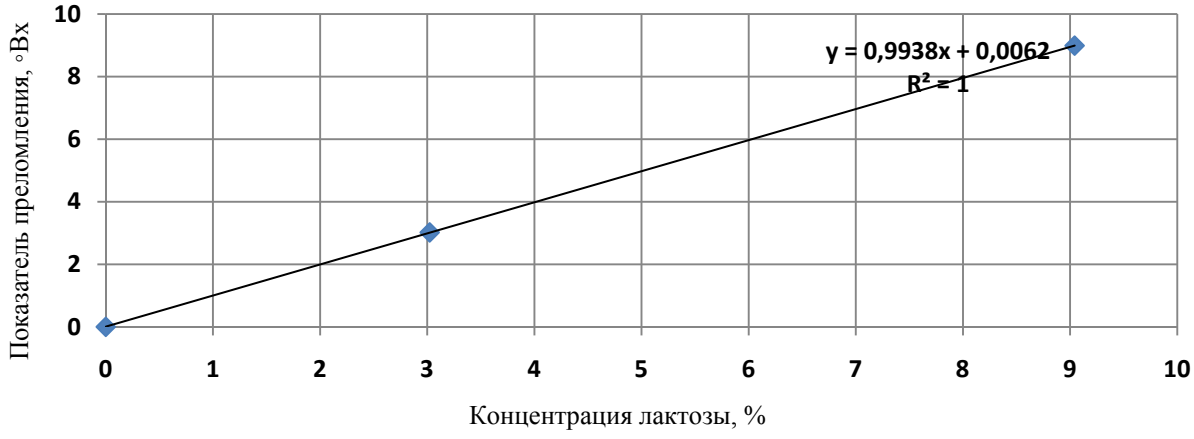

Рис. 1. Зависимость показателя преломления в градусах Вх от концентрации лактозы в растворе

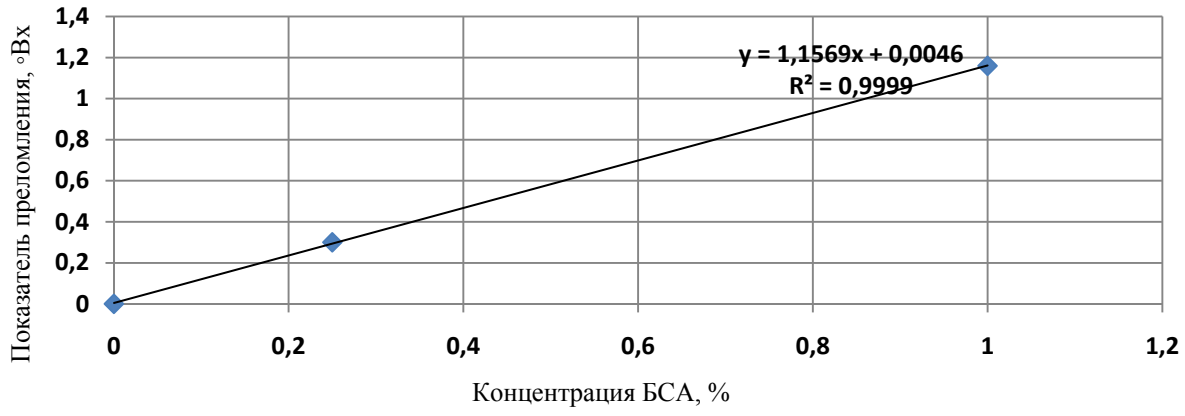

Рис. 2. Зависимость показателя преломления в градусах Вх от концентрации БСА в растворе

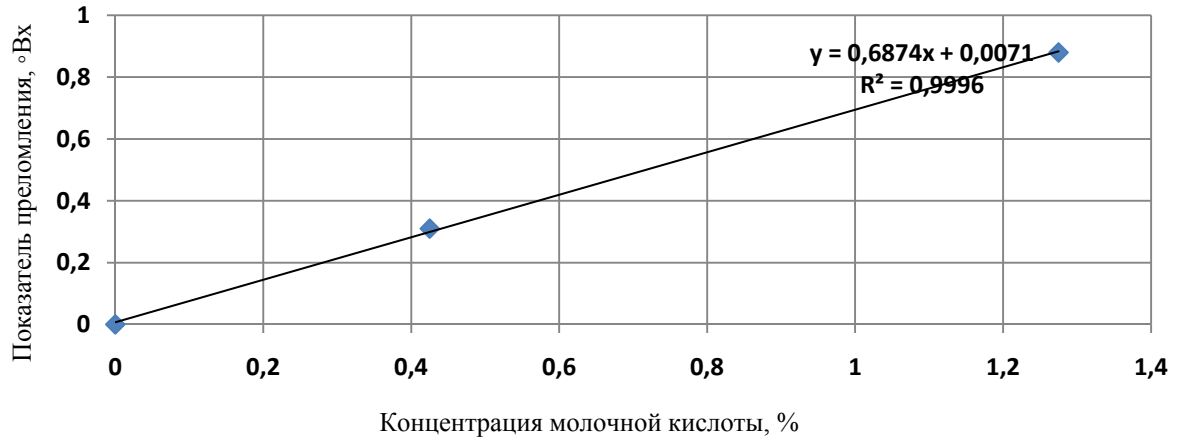

Рис. 3. Зависимость показателя преломления в градусах Вх от концентрации молочной кислоты в растворе

Как следует из представленных на рис. 1–3 графиков, зависимость показателя преломления по шкале Брикс от концентрации компонентов (лактозы, БСА или молочной кислоты) в растворах имеет линейный характер и описывается соответствующим уравнением с достоверностью полученных аппроксимаций от 0,9996 до 1,0.

Наиболее сложной задачей стало моделирование солевого состава, так как в зависимости от ряда факторов состав солей молока, а следовательно, и молочной сыворотки, может варьироваться значительно. Средний состав и содержание солей были приняты в соответствии с результатом исследований Ана-

литического центра ОАО «Вимм-Билль-Данн» образцов творожной сыворотки (табл. 1).

Таблица 1

Среднее содержание основных ионов минеральных веществ в творожной сыворотке

Ион	Среднее содержание иона в творожной сыворотке, %
Натрий Na^+	0,05–0,08
Калий K^+	0,25–0,31
Кальций Ca^+	0,05–0,08
Фосфат PO_4^{3-}	0,15–0,22
Хлор Cl^-	0,05–0,20

Отдельные минеральные компоненты исследовались рефрактометрически в виде растворов, приготовленных из стандарт-титров, а также щелочей, кислот и солей химической чистоты. При приготовлении растворов в этом случае титриметрически определялась точная концентрация исследуемого вещества.

В результате полученные значения коэффициента Вх/СВ составили для различных солей от 1 до 1,3. Столь широкий диапазон объясняется различным вкладом в суммарный показатель для компонентов разного химического класса. С учетом большой вариативности минерального состава сыворотки в силу сезонных, региональных, кормовых факторов использование данного широкого диапазона показателя можно считать рациональным.

Количественное содержание основных компонентов в творожной сыворотке было исследовано совместно с Аналитическим центром ОАО «Вимм-Билль-Данн». Объектом исследования были образцы творожной сыворотки, полученной при выработке творога сепараторным способом с нескольких производственных площадок. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика основных компонентов творожной сыворотки

Компонент	Среднее содержание компонента в сыворотке, %	Отношение Вх к содержанию компонента в сыворотке
Лактоза	3,7–4,0	0,990–0,995
Белок	0,6–0,8	1,150–1,157
Молочная кислота	0,7–0,9	0,680–0,710
Минеральные соли	0,8–0,9	1,000–1,300

Выводы

Результаты исследований состава творожной сыворотки вместе с полученными значениями индивидуального вклада компонента в показатель Брикс для 1 %-ного сдвига концентрации дают основания для прикладного использования методики определения содержания сухих веществ по шкале Брикс при контроле процессов переработки сыворотки. Исходя из экспериментальных исследований, можно сказать, что точное понимание достижения необходимых концентраций в таких процессах, как баромембранная обработка, позволит снизить производственные потери и добиться необходимых значений содержания компонентов в концентратах из творожной сыворотки.

Список литературы

1. Молочная сыворотка в России: проблемы переработки и перспективы рынка: архив материалов. Октябрь 2010. – Режим доступа: http://abercade.ru/research/analysis/5148.html. – Загл. с экрана – Яз. рус.

2. Рост спроса на сыворотку и производные лактозы. Аналитический обзор: Бизнес пищевых ингредиентов.– 2010. – Режим доступа: http://bfi-online.ru/publ/analitika/za_2010_god/rost_sprosa_na_syvorotku_i_proizvodnye_laktozy/27-1-0-173 авторизация. – Загл. с экрана. — Яз. рус.

3. Храмцов, А.Г. Промышленная переработка вторичного молочного сырья. Обезжиренное молоко. Молочная сыворотка. Пахта / А. Г. Храмцов, С. В. Василисин. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 99 с.

4. Использование подсырной сыворотки в производстве напитков / С.В. Василисин, И.А. Евдокимов, Л.Р. Алиева и др.// Сборник научных трудов СевКавГТУ. Сер. «Продовольствие». – Вып. 5. – Ставрополь.– 2002.– С. 22–25.

5. Евдокимов, И.А. Развитие мембранных технологий: рациональность и безотходность / И.А. Евдокимов // Молочная промышленность. – 2010. – № 12. – С. 60–65.

6. Кравченко, Э.Ф. Экспресс-методы контроля качества сырья, параметров технологических процессов и готовой продукции в сыроделии /Э.Ф. Кравченко // Молочная река. – 2007. – № 24. – С. 15.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств»,
125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11.
Тел/факс: +7 (499) 750-01-11,
e-mail: info@mgupp.ru

SUMMARY

M.N. Omarov, V.G. Bliadze, D.N. Kovalenko, Z.V. Volokitina

ADAPTATION OF REFRACTOMETRIC METHOD FOR SOLIDS DETERMINATION BASED ON BRIX SCALE TO CONTROL WHEY PROCESSING

The article deals with assessment of possibility of refractometric method applying Brix scale for total solids content determination in whey obtained while manufacturing separated cottage cheese and treated with baromembrane methods. The data illustrating the correlation of Brix index and total solids content of whey were obtained; individual shifts of Brix index for main whey components were determined. The results of investigation allow using the measured indexes of total solids on the Brix scale for whey processing control.

Whey, content investigation, refractometry, Bx-index.

Moscow State University of Food Production,
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russia.
Phone/fax: +7 (499) 750-01-11,
e-mail: info@mgupp.ru

Дата поступления: 19.07.2013