

УДК 637.136.5:637.05(047.31)(476)

Поступила в редакцию 23.05.2018
Received 23.05.2018**И.В. Миклух, О.Л. Сороко, Е.В. Ефимова, Л.Н. Соколовская, Т.Н. Забело***РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь***ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА
ВОССТАНОВЛЕННОГО СУХОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ
МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Аннотация: В статье исследовано влияние режимов тепловой обработки молока-сырья при производстве сухих молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов, на показатели и свойства сухого молочного сырья, а также на эффективность его восстановления. Изучен состав молока-сырья, сухого молочного сырья и его физико-химические свойства (степень денатурации сывороточных белков, класс термообработки, насыпная плотность, индекс растворимости), а также показатели восстановленных молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов (количество отстоявшегося жира, кислотность, окислительно-восстановительный потенциал, плотность, вязкость). Определено, что на изменение свойств сухого молочного сырья, выражающееся в изменении степени денатурации белков и эффективности его восстановления, большее влияние оказывает режим пастеризации, чем режим сгущения и сушки. При изготовлении ферментированных молочных продуктов, не предусматривающих отделение сыворотки, таких как йогурт, приемлимым и подходящим будет являться использование сухой молочной основы с более высокой температурой пастеризации. Для ферментированных молочных продуктов, предусматривающих в процессе производства отделение сыворотки (творог), предпочтительным будет являться использование в качестве основы сухих молочных продуктов с низким классом термообработки.

Ключевые слова: сухие молочные продукты, восстановленные молочные продукты, степень денатурации, класс термообработки

I.V. Miklikh, O.L. Soroko, E.V. Efimova, L.N. Sokolovskaya, T.N. Zabelo*RUE «Institute for Meat and Dairy Industry», Minsk, Republic of Belarus***INFLUENCE OF MODES OF HEAT TREATMENT ON THE PROPERTIES OF
THE RECOVERED DRY DAIRY RAW MATERIALS FOR THE
MANUFACTURE OF FERMENTED DAIRY PRODUCTS**

Abstract: The article studies the influence of the modes of heat treatment of raw milk in the production of dry milk bases intended for the manufacture of fermented dairy products, on the performance and properties of dry milk raw materials, as well as on the efficiency of its recovery. The composition of milk-raw materials, dry milk raw materials and its physical and chemical properties (the degree of denaturation of whey proteins, the class of heat treatment, bulk density, solubility index), as well as indicators of the restored milk bases intended for the manufacture of fermented dairy products (the amount of settled fat, acidity, oxidizing reducing potential, density, viscosity). It is determined that the change in the properties of dry milk raw materials, expressed in the change of the degree of denaturation of proteins and the efficiency of its recovery, has a greater impact pasteurization mode than the mode of thickening and drying. In the manufacture of fermented dairy products that do not provide for the separation of whey, such as yogurt, it is acceptable and appropriate to use a dry milk base with a higher pasteurization temperature. For fermented dairy products, which provide for the separation of whey (cottage cheese) in the production process, it will be preferable to use dry dairy products with a low class of heat treatment as the basis.

Keywords: dry dairy products, milk products recovered, the degree of denaturation, heat treatment

Введение. В связи с необходимостью уменьшения зависимости молокоперерабатывающих предприятий от поставок молочного сырья, актуальным является организация производства молочных продуктов на основе восстановленного сухого молочного сырья. Его использование позволит восполнить недостаток и создать резерв сырья, необходимого для обеспечения бесперебойного производства молочной продукции на молокоперерабатывающих предприятиях ряда стран, в том числе потенциальных экспортеров Республики Беларусь [1]. Целесообразным является развитие возможности организации экспорта сухого молочного сырья, предназначенного после его восстановления для изготовления молочных продуктов. При этом интерес представляет исследование особенностей производства ферментированных молочных продуктов, основанных на молочнокислом брожении и сквашивании белков молока; изучение влияния качества и технологических параметров изготовления сухого молочного сырья на эффективность его восстановления.

Целью работы являлось исследование влияния режимов тепловой обработки при производстве сухого молочного сырья на его свойства и качество восстановленных молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов.

Научная новизна данной работы заключается в проведении комплексных научно-теоретических исследований по определению влияния режимов тепловой обработки молока-сырья на качество сухого молочного сырья и изготовленных из него восстановленных молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований являлись молоко-сырье, молоко сухое (сухая молочная основа), предназначенное для дальнейшего изготовления восстановленных ферментированных молочных продуктов.

Сухую молочную основу, предназначенную для изготовления ферментированных молочных продуктов изготавливали при различных режимах тепловой обработки (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Наименование исследуемых образцов сухой молочной основы
Table 1. Name of the studied samples of dry milk basis

Наименование образца	Режим тепловой обработки	
	Температура пастеризации	Температура сушки
Образец 1	Низкая (65±2°С с выдержкой 30 мин)	Низкая (170°С на входе, 70°С на выходе)
Образец 2	Высокая (90±2°С с выдержкой 10 с)	Низкая (170°С на входе, 70°С на выходе)
Образец 3	Низкая (65±2°С с выдержкой 30 мин)	Высокая (210°С на входе, 90°С на выходе)
Образец 4	Высокая (90±2°С с выдержкой 10 с)	Высокая (210°С на входе, 90°С на выходе)

Определение характеристик объектов исследований проводили в лаборатории оборудования и технологий молочноконсервного производства, лаборатории технологий цельномолочных продуктов и концентратов и производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности», при этом использовали стандартные методы.

Степень денатурации белка определяли расчетным методом [2] по формуле (1):

$$C_{\text{ден}} = \frac{\frac{СБ_{\text{до ден.}}}{ОБ_{\text{до ден.}}} - \frac{СБ_{\text{после ден.}}}{ОБ_{\text{после ден.}}}}{\frac{СБ_{\text{до ден.}}}{ОБ_{\text{до ден.}}}} \times 100, \quad (1)$$

где $СБ_{\text{до ден.}}$, $СБ_{\text{после ден.}}$ — массовая доля сывороточных белков (неказеинового азота в пересчете на белок) до и после денатурирующего (теплого) воздействия соответственно, %; $ОБ_{\text{до ден.}}$, $ОБ_{\text{после ден.}}$ — массовая доля общего белка до и после денатурирующего (теплого) воздействия соответственно, %.

Количество свободного жира и эффективность гомогенизации определяли методом отстаивания, который заключается в изменении разницы объема отстоявшегося жира при температуре 10 °С в течение 48 ч.

Результаты и их обсуждение. В лаборатории оборудования и технологий молочноконсервного производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности» при различных режимах тепловой

обработки, выработана экспериментальная партия сухой молочной основы, предназначенной для изготовления ферментированных молочных продуктов, включающая в себя 4 образца (табл. 1). При этом исследовали показатели качества молока-сырья (молока цельного) непастеризованного, молока цельного пастеризованного при низкой температуре пастеризации ($65 \pm 2^\circ\text{C}$ с выдержкой 30 мин), молока цельного пастеризованного при высокой температуре пастеризации ($90 \pm 2^\circ\text{C}$ с выдержкой 10 с). Молоко, подвергнутое пастеризации гомогенизировали и сгущали на вакуум-выпарном аппарате с принудительной циркуляцией продукта при температуре 60°C и сушили на установке распылительного типа при низкой температуре процесса (170°C на входе, 70°C на выходе) и при высокой температуре процесса (210°C на входе, 90°C на выходе). Физико-химические показатели исходного молока-сырья и полученных из него образцов сухой молочной основы представлены в табл. 2 и 3.

В процессе производства сухого молока в результате тепловой обработки молока-сырья изменению подвергаются его компоненты, в первую очередь белки. При нагревании молока наиболее глубоким изменениям подвергаются сывороточные белки, происходит их денатурация, степень которой зависит от температуры и продолжительности ее воздействия на молоко [3].

Таблица 2. Физико-химические показатели исходного молока-сырья
Table 2. Physico-chemical characteristics of the source of milk as raw material

Наименование показателя	Молоко цельное непастеризованное	Молоко цельное пастеризованное (низкая температура пастеризации)	Молоко цельное пастеризованное (высокая температура пастеризации)
Массовая доля, % сухих веществ	11,6	11,9	12,0
жира	3,4	3,4	3,4
лактозы	4,93	4,75	4,72
общего белка (ОБ)	3,16	3,18	3,20
сывороточных белков (СБ)	0,43	0,38	0,27

Основной технологической операцией при производстве ферментированных молочных продуктов является молочнокислое брожение, в результате которого образуется белковый сгусток. Тепловая обработка оказывает влияние на структурно-механические свойства кислотного и сычужного сгустков – прочность и интенсивность отделения сыворотки. С повышением температуры пастеризации процесс отделения сыворотки замедляется, увеличивается прочность сгустков, которая обуславливается не только размером частиц казеина, но и степенью участия денатурированных сывороточных белков в построении структурной сетки сгустка. С повышением температуры пастеризации увеличивается степень их включения в белковый каркас сгустка, что придает ему определенную жесткость. Кроме этого, сывороточные белки, благодаря высоким гидрофильным свойствам, увеличивают влагоудерживающую способность казеина и замедляют отделение сыворотки от сгустка [3].

Таблица 3. Физико-химические показатели образцов сухого молочного сырья
Table 3. Physical and chemical parameters of dry raw milk samples

Наименование показателя	Сухая молочная основа (низкая температура пастеризации, низкая температура сушки) образец 1	Сухая молочная основа (высокая температура пастеризации, низкая температура сушки) образец 2	Сухая молочная основа (низкая температура пастеризации, высокая температура сушки) образец 3	Сухая молочная основа (высокая температура пастеризации, высокая температура сушки) образец 4
Массовая доля, % влаги	2,56	2,89	2,19	2,10
жира	28,5	28,0	28,0	28,5
лактозы	38,53	37,93	38,46	37,99
общего белка (ОБ)	24,61	25,02	24,99	25,61
сывороточных белков (СБ)	2,78	1,61	2,73	1,37
казеина	20,88	23,39	21,53	23,60

Как видно, из данных, представленных в табл. 3, в полученных экспериментальных образцах сухой молочной основы, изготовленных из молока цельного пастеризованного при низкой и высокой температуре пастеризации (табл. 2), различаются значения массовой доли сывороточных белков, определяемые как неказеиновый азот в пересчете на белок без учета его денатурации. На основании значений массовой доли сывороточных белков в исходном молоке-сырье и сухих молочных основах, расчетным методом определена степень денатурации сывороточных белков, представленная в табл. 4.

Таблица 4. Влияние технологических параметров производства на качество сухого молочного сырья (сухой молочной основы)

Table 4. Influence of technological parameters of production on the quality of dry milk raw materials (dry milk base)

Наименование образца	Степень денатурации (Сден), %		Класс термообработки
	общая	в том числе при сгущении и сушке	
Молоко цельное непастеризованное	-	-	-
Молоко цельное пастеризованное (низкая температура пастеризации)	12,18	-	-
Молоко цельное пастеризованное (высокая температура пастеризации)	37,99	-	-
Сухая молочная основа (низкая температура пастеризации, низкая температура сушки), образец 1	16,99	4,81	низкотемпературная термообработка
Сухая молочная основа (высокая температура пастеризации, низкая температура сушки), образец 2	52,71	14,71	умеренно высокотемпературная термообработка
Сухая молочная основа (низкая температура пастеризации, высокая температура сушки), образец 3	19,72	7,54	низкотемпературная термообработка
Сухая молочная основа (высокая температура пастеризации, высокая температура сушки), образец 4	60,69	22,69	умеренно высокотемпературная термообработка

Установлено, что на показатели сухого молочного сырья оказывают влияние технологические параметры его производства: режимы тепловой обработки (пастеризации, сгущения и сушки), которая вызывает денатурацию сывороточных белков, что в свою очередь оказывает влияние на процесс восстановления и свойства восстановленных продуктов. Из анализа результатов, представленных в табл. 4, определено, что большее влияние на степень денатурации белков оказывает режим пастеризации, чем режимы сгущения и сушки. Так общая степень денатурации для образцов 1, 2, 3 и 4 составила 16,99 %, 52,71 %, 19,72 % и 60,69 % соответственно, при этом за счет пастеризации доля степени денатурации белка составила: 71,7 %, 72,1 %; 61,8 %, 62,6 %.

Кроме того, в экспериментальных образцах сухой молочной основы, контролировали регламентируемый по СТБ 1858 [4] показатель «класс термообработки», при определении которого устанавливается количество миллиграмм неденатурированных в процессе тепловой обработки сывороточных белков молока на один грамм сухого молока [5, 6]. Приведенные значения класса термообработки исследуемых образцов сухой молочной основы (табл. 4), сопоставимы с их расчетной степенью денатурации. Для образцов 3, 4 с большей степенью денатурации сывороточных белков, класс термообработки умеренно-высокотемпературный, а для образцов 1, 2 с меньшей степенью денатурации сывороточных белков – низкотемпературный.

При производстве молочных продуктов из сухого молочного сырья важным является эффективность его восстановления, которая зависит от качества сухого молока и аппаратного оформления процесса. Сам процесс растворения заключается во взаимодействии сухих продуктов с водой. Процесс восстановления можно считать завершенным тогда, когда физико-химические свойства восстановленного молока будут соответствовать свойствам натурального. Поэтому можно сказать, что

к основным технологическим факторам, определяющим эффективность процесса восстановления сухих молочных продуктов, следует отнести количественное соотношение сухой и водной фракций, температуру, интенсивность и уровень жесткости механического воздействия при растворении [7].

В исследуемых образцах сухой молочной основы определен показатель насыпной плотности (рис. 1), который косвенно свидетельствует о степени растворения сухих продуктов и наличии в них воздушной фракции. Значение объемной насыпной плотности прямо связано с размерами частиц сухого молока, а значение рыхлой насыпной плотности коррелирует с прочностью их связей.

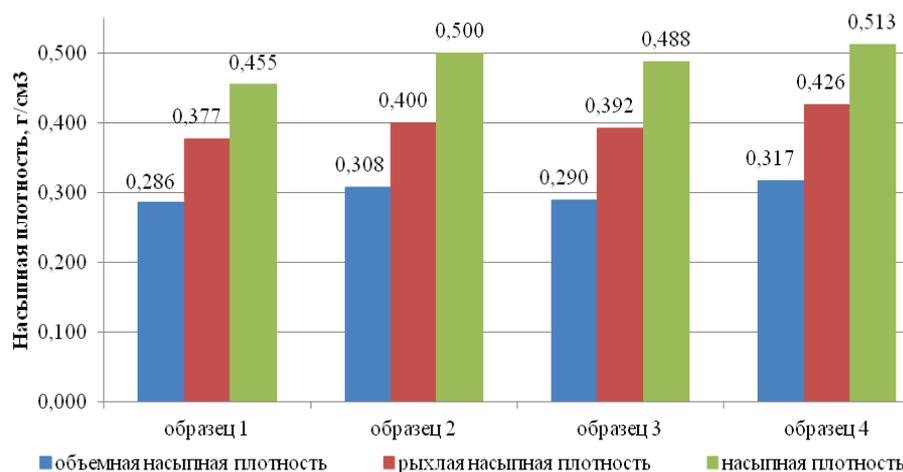


Рис. 1. Насыпная плотность образцов сухой молочной основы, предназначенной для изготовления ферментированных молочных продуктов

Fig. 1. Bulk density of samples of dry milk base intended for the manufacture of fermented dairy products

На физико-химические свойства продукта и его поведение при сушке оказывает влияние температура пастеризации молока-сырье перед его выпариванием и сушкой. Высокая температура пастеризации увеличивает количество денатурированных белков, которые очень компактны в отличие от нативных белков. Нативные сывороточные белки имеют более высокую водосвязывающую способность. Поэтому для удаления остатков влаги требуется большая разница температур или движущая сила, что приводит к поверхностному отверждению частиц [8]. При увеличении степени денатурации сывороточных белков, снижается содержание абсорбированного воздуха (повышается плотность частиц и насыпная плотность) и наоборот. Так, наименьшее значение насыпной плотности 0,455 г/см³ было у образца 1, полученного с использованием низкой температуры пастеризации и низкой температуры сушки, а наибольшее значение насыпной плотности 0,513 г/см³ – у образца 4, полученного с использованием высокой температуры пастеризации и высокой температуры сушки.

Полученные в ходе исследований образцы сухого молочного сырья, восстанавливали при температуре 45 °С, продолжительность выдержки при 4 ± 2 °С 3–4 ч. При этом определяли ряд показателей, свидетельствующих об эффективности восстановления и качестве сухого молочного сырья, предназначенного для изготовления ферментированных молочных продуктов: индекс растворимости, количество отстоявшегося свободного жира, плотность, вязкость, кислотность, окислительно-восстановительный потенциал.

Анализ свойств восстановленной сухой молочной основы показывает, что они изменяются в течение технологического процесса. Особенно различаются свойства натурального и восстановленного молока сразу после растворения. Это объясняется наличием в продукте в это время большего количества воздуха. Кроме того, в процессе растворения еще не произошла гидратация белков и не полностью завершился процесс диспергирования дисперсной фазы молока в воде.

Наличие воздуха не только влияет на физико-химические свойства и органолептические показатели продукта, но и затрудняет проведение ряда технологических процессов. Особо отрицательное воздействие оказывает присутствие воздуха на термообработку восстановленного молока. При наличии свободного воздуха снижается эффективность теплообмена. Кроме того, на греющих поверхностях пастеризаторов образуется большой слой пригара. Из-за наличия воздуха в восстановленном молоке резко снижается эффективность гомогенизации. В связи с этим при растворении сухого

молока и дальнейшей его технологической обработке необходимо предпринимать меры, чтобы насыщение продукта воздухом было минимальным.

На рис. 2 представлены индекс растворимости образцов сухой молочной основы, полученных при различных режимах тепловой обработки, а также количество отстоявшегося в течение 48 ч при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$ свободного жира.

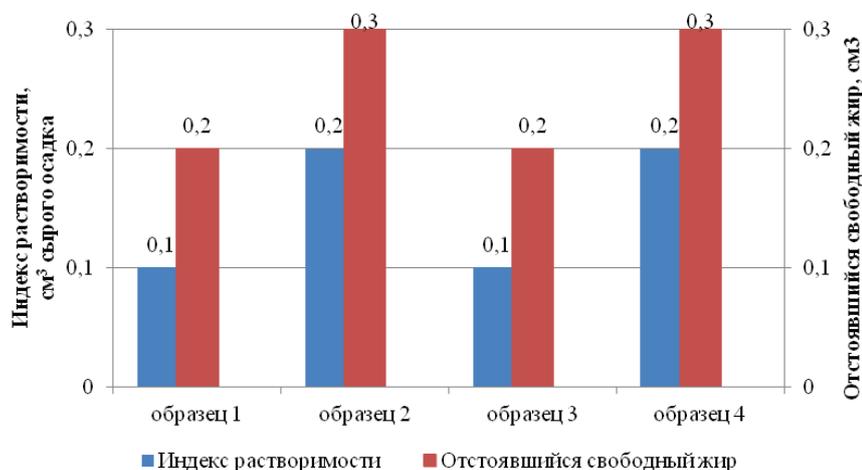


Рис. 2. Индекс растворимости и количество отстоявшегося свободного жира в восстановленных молочных основах, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов
 Fig. 2. Index of solubility and amount of pop up free fat in the restored dairy basics intended for the manufacture of fermented dairy products

Как видно из данных, приведенных в на рис. 2, увеличение температуры пастеризации приводит к повышению индекса растворимости, или другими словами ухудшению растворения. Также при увеличении температуры пастеризации повышается количество свободного отстоявшегося жира, что свидетельствует о дестабилизации жировой эмульсии в процессе изготовления сухого продукта и приводит к снижению стойкости продукта при хранении вследствие его окисления.

На рис. 3 и 4 представлено изменение активной кислотности в процессе восстановления сухих молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов.

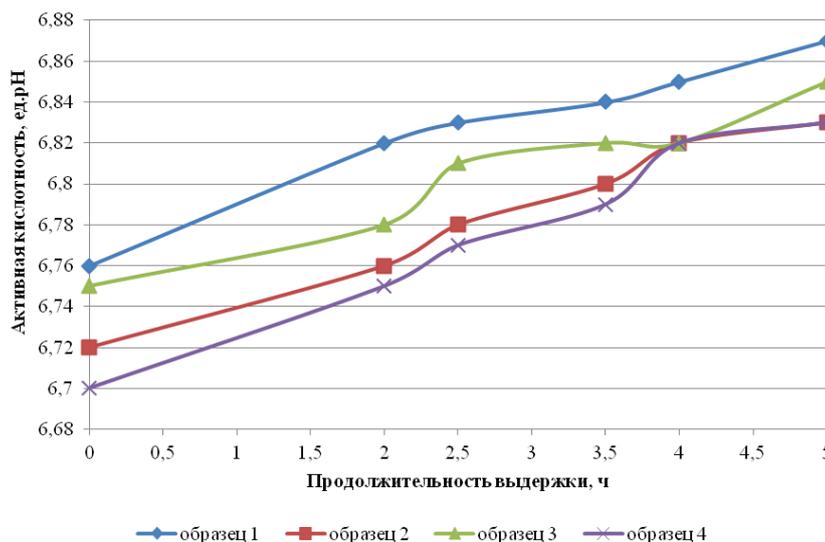


Рис. 3. Изменение активной кислотности в процессе восстановления сухих молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов
 Fig. 3. Change of active acidity in the recovery process of dry milk bases intended for the manufacture of fermented dairy products

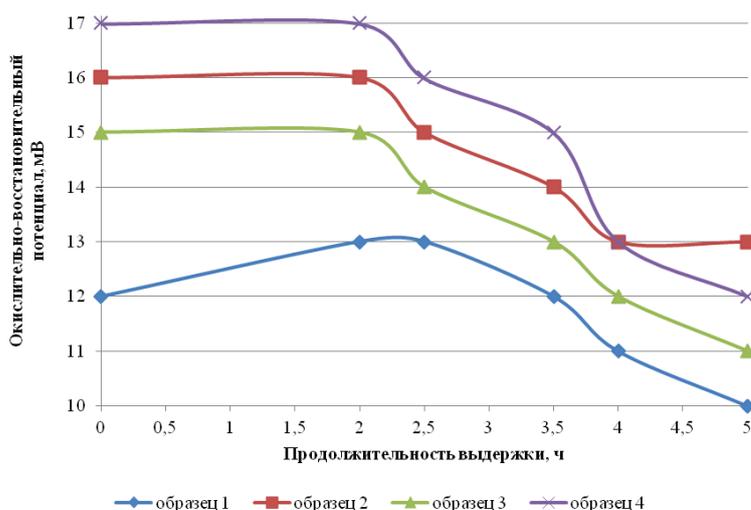


Рис. 4. Изменение окислительно-восстановительного потенциала в процессе восстановления сухих молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов
 Fig. 4. Change of redox potential in the recovery process of dry milk bases intended for the manufacture of fermented dairy products

Как видно из данных, приведенных на рис. 3 и 4, для всех образцов восстановленной сухой молочной основы в процессе выдержки наблюдается увеличение активной кислотности, и снижение показателя окислительно-восстановительного потенциала, что свидетельствует об увеличении степени диспергирования белковых фракций.

Окислительно-восстановительный потенциал молока характеризует способность его составных частей отдавать или присоединять электроны (атомы водорода) [2]. От окислительно-восстановительного потенциала зависят развитие в молоке молочнокислых бактерий и протекание биохимических процессов (распад белков, аминокислот, жира, накопление ароматического вещества диацетила и др.), что, несомненно, важно при производстве ферментированных молочных продуктов. Возникновение в молоке и молочных продуктах таких пороков, как окисленный, металлический и салитный привкусы, обусловлено повышением окислительно-восстановительного потенциала среды, способствующего окислительной порче жира.

При растворении составных частей сухого молочного сырья происходят качественные изменения физико-химических свойств восстанавливаемого продукта. Так, плотность восстанавливаемого молока повышается с увеличением продолжительности выдержки (рис. 5). Это обусловлено тем, что при восстановлении сухих продуктов вода под действием капиллярных сил внедряется в микро- и макрополости частиц сухого молока, вытесняя воздух, который выделяется в процессе выдержки.

В процессе выдержки восстановленных сухих молочных основ их плотность в основном увеличивается в течение 2,5 ч, дальнейшая выдержка на плотность влияет незначительно. Такое изменение плотности объясняется влиянием воздуха, содержащегося в восстанавливаемом молоке, так как чем больше в продукте имеется воздуха, тем меньше его плотность.

Для многих молочных продуктов вязкость является показателем, характеризующим не только их свойства, но и качество. На вязкость молока влияют различные факторы и прежде всего концентрация дисперсной фазы (жира и белка), дисперсность жира и белка, а также агрегатное их состояние, температура молока [5]. Вязкость восстановленного молока должна соответствовать вязкости натурального продукта, что является одним из условий получения качественного восстановленного молока.

Исследования показали (рис. 6), что в начальный период выдержки (до 3 ч) вязкость восстанавливаемого продукта увеличивается, а при дальнейшей выдержке (3–4 ч) – снижается, а затем остается постоянной. Такой характер изменения вязкости восстанавливаемого молока в процессе его выдержки можно объяснить влиянием гидратации дисперсной фазы в процессе восстановления молока и выделением из него воздуха. Таким образом, вязкость в процессе восстановления сухого молока после его растворения изменяется в течение 3–4 ч. Конечная вязкость восстановленного молока, содержащего 12,5 % сухих веществ, составила 1,7701 мПа·с, 1,4135 мПа·с, 1,7366 мПа·с, 1,1651 мПа·с для образцов 1, 2, 3 и 4 соответственно.

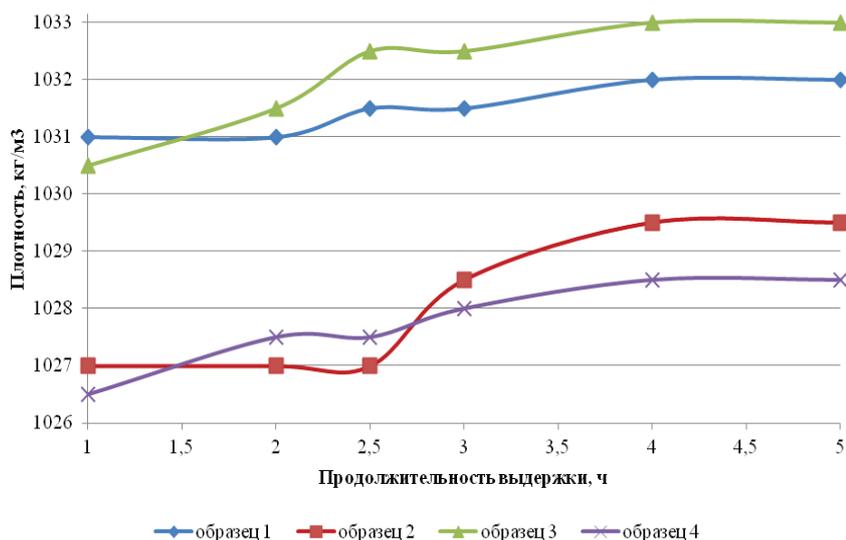


Рис. 5. Изменение плотности в процессе восстановления сухих молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов

Fig. 5. Change of the density in the recovery process of dry milk bases intended for the manufacture of fermented dairy products

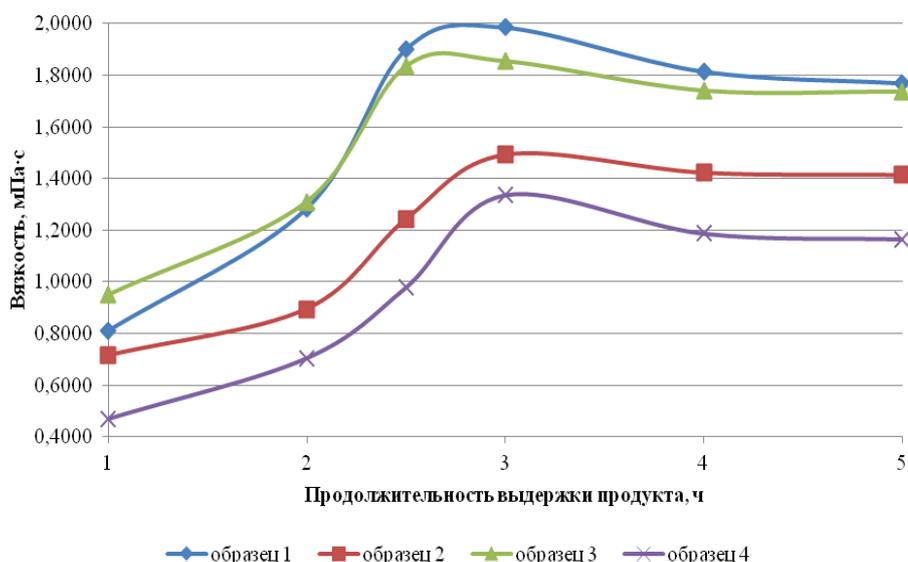


Рис. 6. Изменение вязкости в процессе восстановления сухих молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов

Fig. 6. Change of the viscosity in the recovery process of dry milk bases intended for the manufacture of fermented dairy products

С целью предотвращения отделения свободного жира, а также для улучшения консистенции восстановленных продуктов обязательным является проведение гомогенизации. Восстановленные образцы сухой молочной основы, предназначенной для изготовления ферментированных молочных продуктов, гомогенизировали при температуре 60 °С, давлении 16 МПа. В результате гомогенизации восстановленных молочных основ их вязкость возрастает, что связано с увеличением степени диспергирования жировой фазы, повышением стабильности жировой эмульсии. Кроме того, во всех образцах отсутствовал свободный отстаившийся жир, восстановленные гомогенизированные продукты имели однородную консистенцию.

Гомогенизация является обязательной технологической операцией при изготовлении молочных продуктов из восстановленного сухого молочного сырья. Она способствует существенному улучшению органолептических показателей продукта, в частности, в результате гомогенизации практически исчезает водянистый привкус продукта. Для исключения возможности ухудшения органолептических показателей восстановленных сухих молочных основ при его производстве необходимо учитывать качество исходного сырья и строго соблюдать все технологические режимы изготовления ферментированных молочных продуктов на их основе.

Таким образом, при использовании сухой молочной основы для изготовления ферментированных молочных продуктов, необходимо учитывать влияние температуры на свойства и показатели сухих продуктов, а именно важным является класс термообработки, свидетельствующий о денатурации сывороточных белков, прошедшей в процессе производства сухих продуктов. При этом с увеличением класса термообработки снижается растворимость сухих продуктов при их восстановлении, увеличивается количество отстоявшегося жира (свободного жира). Однако при изготовлении ферментированных молочных продуктов, не предусматривающих отделение сыворотки, таких как йогурт, приемлимым и подходящим будет являться использование сухой молочной основы с более высокой температурной обработкой. Для ферментированных молочных продуктов, предусматривающих в процессе производства отделение сыворотки (творог), предпочтительным будет являться использование в качестве основы сухих молочных продуктов с низким классом термообработки.

Выводы. Установлено, что на показатели сухого молочного сырья оказывают влияние технологические параметры его производства: режимы тепловой обработки (пастеризации, сгущения и сушки), которая вызывает денатурацию сывороточных белков, что в свою очередь оказывает влияние на процесс восстановления и свойства восстановленных продуктов. Определено, что при производстве сухих продуктов большее влияние на степень денатурации белков оказывает режим пастеризации молока-сырья, чем режим сгущения и сушки. Определен класс термообработки исследуемых образцов сухой молочной основы, сопоставимый с данными расчетной степени денатурации. Для образцов с большей степенью денатурации сывороточных белков, класс термообработки умеренно-высокотемпературный, а для образцов с меньшей степенью денатурации сывороточных белков – низкотемпературный.

В исследуемых образцах сухой молочной основы определен показатель насыпной плотности, косвенно свидетельствующий о степени растворения сухих продуктов и наличию в них воздушной фракции. Так, наименьшее значение насыпной плотности $0,455 \text{ г/см}^3$ было у образца, полученного с использованием низкой температуры пастеризации и низкой температуры сушки, а наибольшее значение насыпной плотности $0,513 \text{ г/см}^3$ – у образца, полученного с использованием высокой температуры пастеризации и высокой температуры сушки. То есть, при увеличении степени денатурации сывороточных белков в сухих молочных продуктах снижается содержание абсорбированного воздуха – повышается насыпная плотность, что способствует увеличению индекса растворимости или снижению эффективности восстановления сухого молочного сырья.

При растворении составных частей сухого молочного сырья происходят качественные изменения физико-химических свойств восстанавливаемого продукта. Для всех образцов восстановленной сухой молочной основы в процессе выдержки наблюдается увеличение активной кислотности, и снижение показателя окислительно-восстановительного потенциала, что свидетельствует об увеличении степени диспергирования белковых фракций.

С увеличением продолжительности выдержки восстановленных сухих продуктов повышается их плотность и вязкость. При этом плотность увеличивается в течение 2,5 ч, затем остается постоянной; значения вязкости увеличиваются в течение 3 ч выдержки, затем в течение часа снижаются и далее остаются постоянными. Такой характер изменения данных показателей объясняется влиянием гидратации дисперсной фазы в процессе восстановления сухого молочного сырья и выделением из него воздуха. Кроме того, плотность и вязкость выше для восстановленных образцов сухой молочной основы, полученных при низкой температуре пастеризации молока-сырья, что положительно скажется на качестве молочных продуктов, изготовленных на основе сухого молочного сырья.

Установлено, что повышение температуры пастеризации молока-сырья при производстве сухого молочного сырья способствует увеличению количества свободного отстоявшегося жира в восстановленных продуктах, что свидетельствует о дестабилизации жировой эмульсии в процессе изготовления сухого продукта и приводит к снижению стойкости продукта при хранении вследствие его окисления. С целью предотвращения отделения свободного жира, а также для улучшения консистенции восстановленных продуктов обязательным является проведение гомогенизации, в результате которой возрастает вязкость продукта, что связано с увеличением степени диспергирования жировой

фазы и повышением стабильности жировой эмульсии. Определено, что во всех восстановленных гомогенизированных экспериментальных образцах отсутствовал свободный отстоявшийся жир, продукты имели однородную консистенцию, что положительно скажется на качестве изготавливаемых из них молочных продуктов и при этом повысится их выход, снизятся потери ценных компонентов с сывороткой.

При изготовлении ферментированных молочных продуктов, не предусматривающих отделение сыворотки, таких как йогурт, приемлимым и подходящим будет являться использование сухой молочной основы с более высокой температурой пастеризации. Для ферментированных молочных продуктов, предусматривающих в процессе производства отделение сыворотки (творог), предпочтительным будет являться использование в качестве основы сухих молочных продуктов с низким классом термообработки.

Список использованных источников

1. Дымар, О.В. Научно-технические аспекты повышения эффективности переработки молочных ресурсов / О.В. Дымар. – Минск : Колорград, 2015. – 245 с.
2. Шедушинов, Д.Е. Технология получения сухого белкового концентрата на основе ультрафильтрации обезжиренного молока / Д.Е. Шедушинов, Е.А. Фетисов, В.Д. Харитонов. – М. : АгроНИИ-ТЭИмясомолпром, 1988. – 59 с. – (Обзорная информация / Науч.-ислед. ин-т информ. и техн.-экон. исслед. мяс. и молоч. пром-сти).
3. Горбатова, К.К. Физико-химические и биохимические аспекты производства молочных продуктов. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 352 с.
4. Молоко сухое. Общие технические условия : СТБ 1858-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь : Госстандарт, 2009. – 38 с.
5. Дымар, О.В. Принципиальные подходы к снижению термического воздействия в технологиях производства сухих молочных продуктов. Часть 1. Первичная обработка молока / О.В. Дымар // Молочная промышленность. № 03, 2018. С. 70-72.
6. Дымар, О.В. Принципиальные подходы к снижению термического воздействия в технологиях производства сухих молочных продуктов. Часть 2. Переработка молока на молочном заводе / О.В. Дымар // Молочная промышленность. № 04, 2018. С. 58-60.
7. Титов, Р.А. Линия восстановления сухого молока на базе установки непрерывного смешивания компании «Оскон» / Р.А. Титов // Молочная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 246.
8. Вестергаард, В. Технология производства сухого молока. Выпаривание и распылительная сушка [Электронный ресурс] / В. Вестергаард. – Копенгаген, 2003. – Режим доступа: http://www.intent93.ru/useruploads/files/Samples/Niro_Z010_2004.pdf. – Дата доступа: 07.04.2017.
9. Липатов, Н.Н. Восстановленное молоко (теория и практика производства восстановленных молочных продуктов) / Н.Н. Липатов, К.И. Тарасов; под ред. Н.Н. Липатова. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 256 с.

References

1. Dymar O.V. Scientific and technical aspects of improving the efficiency of processing of dairy resources / O. V. Dymar. – Minsk : Colorgrad, 2015. – 245 p.
2. Sedusov D.E. Technology for producing of dry protein concentrate based on ultrafiltration of skim milk / D.E. Sedusov, E.A. Fetisov, V.D. Kharitonov. – M. : Graniteandmore, 1988. – 59 p. – (Overview / Scientific. – trace. in-t inform. and tech. – Econ. research. meat. and milk. prom-STI).
3. Gorbatoва K.K. Physico-chemical and biochemical aspects of dairy production. – SPb. : GIORD, 2004. – 352 p.
4. Milk powder. General specifications : STB 1858-2009. – Enter. 01.01.2010. – Minsk: State com. on the standardization of REP. Belarus : State Committee For Standardization, 2009. – 38 p.
5. Dymar O.V. Principal approaches to reducing thermal effects in the production of dry dairy products. Part 1. Primary processing of milk / O.V. Dymar // Dairy industry. No. 03, 2018. P. 70–72.

6. Dymar O.V. Principal approaches to reducing thermal effects in the production of dry dairy products. Part 2. Milk processing at the dairy plant / O. V. Dymar // Dairy industry. No. 04, 2018. P. 58-60.
7. Titov R.A. the line of restoration of powdered milk on the basis of installation of continuous mixing of the Oskon company / R.A. Titov / Dairy industry. – 2012. – № 3. – P. 246.
8. Westergaard V. technology of production of dry milk. Evaporation and spray drying [Electronic resource] / W. Westergaard. – Copenhagen, 2003. – Mode of access: http://www.intent93.ru/useruploads/files/Samples/Niro_Z010_2004.pdf. – Date of access: 07.04.2017.
9. Lipatov N.N. Reconstituted milk (the theory and practice of production of the restored dairy products) / N.N. Lipatov, K.I. Tarasov; under ed. N. Lipatova. – Moscow: Agropromizdat, 1985. – 256 p.

Информация об авторах

Миклух Инна Викторовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории оборудования и технологий молочно-консервного производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр-т Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: inmiklugh@mail.ru

Сороко Олег Леонидович – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией оборудования и технологий молочноконсервного производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр-т Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: olegsoroko@tut.by

Ефимова Елена Васильевна – кандидат технических наук, заведующая лабораторией технологий цельномолочных продуктов и концентратов, РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр-т Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: overie@mail.ru

Соколовская Людмила Николаевна – старший научный сотрудник лаборатории оборудования и технологий молочноконсервного производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр-т Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sokolovskaya_LN@tut.by

Забело Татьяна Николаевна – научный сотрудник лаборатории оборудования и технологий молочноконсервного производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр-т Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: list.zabelo@tut.by

Information about authors

Miklikh Inna Viktorovna – candidate of technical Sciences, senior researcher of the laboratory equipment and technologies to produce production of RUE «Institute of meat and dairy industry» (pr-t Partizansky, 172, 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: inmiklugh@mail.ru

Soroko Oleg Leonidovich – candidate of technical Sciences, associate Professor, head of the laboratory of equipment and technologies of milk production RUE «Institute of meat and dairy industry» (pr-t Partizansky, 172, 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: olegsoroko@tut.by

Efimova Elena – candidate of technical Sciences, head of the laboratory of technologies of dairy products and concentrates, RUE «Institute of meat and dairy industry» (pr-t Partizansky, 172, 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: overie@mail.ru

Sokolovskaya Lyudmila Nikolaevna – senior researcher of the laboratory of equipment and technologies of milk production RUE «Institute of meat and dairy industry» (pr-t Partizansky, 172, 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sokolovskaya_LN@tut.by

Zabelo Tatyana Nikolaevna – the researcher of laboratory of the equipment and technologies of dairy production of RUE «Institute of meat and dairy industry» (pr-t Partizansky, 172, 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: list.zabelo@tut.by