

УДК 637.142.2

В роботі показані етапи досліджень та установлення технологічних параметрів проведення гідролізу знежиреного та незбираного молока з використанням ферментних препаратів β-галактозидази. Розроблено і обґрунтовано технологічні режими проведення ферментативного гідролізу лактози молока: рН середовище, температура, доза ферментного препарату, тривалість процесу. Визначено органолептичні показники, показники титруємої й активної кислотності гідролізованого молока, встановлений індекс солоконості молока

Ключові слова: інтолерантність до лактози, β-галактозидаза, ферментний препарат, ступінь гідролізу лактози, гідролізоване молоко

В работе показаны этапы исследований и установление технологических параметров проведения гидролиза обезжиренного и цельного молока с использованием ферментных препаратов β-галактозидазы. Разработаны и обоснованы технологические режимы проведения ферментативного гидролиза лактозы молока: рН среда, температура, доза ферментного препарата, продолжительность процесса. Определены органолептические показатели, показатели титруемой и активной кислотности гидролизованного молока, установлен индекс сладости молока

Ключевые слова: интолерантность к лактозе, β-галактозидаза, ферментный препарат, степень гидролиза лактозы, гидролизованное молоко

ИССЛЕДОВАНИЕ И УСТАНОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОЛИЗА ЛАКТОЗЫ МОЛОКА

Е. Д. Калинина

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: kalinina-elena@mail.ua

А. В. Коваленко

Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник*

E-mail: Doktor3108@mail.ru

*Кафедра технологии мяса и мясопродуктов
Луганский национальный
аграрный университет
ЛНАУ, м. Луганск, Украина, 91008

1. Введение

Сгущенные молочные консервы с сахаром, благодаря высокой биологической ценности и хорошей хранимоспособности находят широкое применение в питании человека, входят в состав мороженого, кондитерских и хлебобулочных изделий. Увеличение объемов производства сгущенных молочных консервов осуществляется как за счет традиционных технологий, так и за счет новых. В данной работе представлены исследования создания технологии низколактозных молочных сгущенных консервов с сахаром с применением фермента β-галактозидазы.

Производство молочных консервов с сахаром одно из важных направлений молочной отрасли Украины. За последнее десятилетие объемы производства сгущенных молочных консервов с сахаром выросли в два раза, в первую очередь благодаря увеличению производства новых видов продуктов. Перспективы развития отрасли связаны с внедрением инновационных технологий и их экономической эффективностью. Сгущенные молочные консервы с сахаром – это продукты длительного срока хранения, которое достигается за счет оптимального соотношения составляющих и наличия сахарозы. Однако, высокое содержание углеводов обуславливает не только возникновению изъянов консистенции продукта во время хранения, но

и ограничивает употребление этих продуктов людьми, которые имеют определены диетические потребности. В соответствии с современными представлениями о здоровом питании, высокое содержание сахара является фактором для развития некоторых заболеваний. Кроме того, определенная часть потребителей не может употреблять молочные продукты, что связано с недостаточным количеством фермента β-галактозидазы в пищеварительном тракте человека.

Одним из перспективных путей решения данных проблем есть расщепление лактозы с помощью фермента β-галактозидазы. При этом лактоза, расщепляясь на моносахара глюкозу и галактозу, повышает сладость молока, а также исключается изъян консистенции «мучнистость» продукта во время хранения.

Принимая во внимание вышесказанное, разработка технологии молока сгущенного с сахаром с уменьшенным содержанием сахарозы и лактозы является актуальной. Использование ферментативного препарата β-галактозидазы позволит направленно регулировать степень гидролиза лактозы при соблюдении основных требований к качеству молочных консервов с сахаром, выработанных по традиционной технологии.

В данной работе представлены исследования технологических параметров проведения гидролиза лактозы молока обезжиренного и цельного с применением фермента β-галактозидазы,

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Часть населения не может потреблять молоко из-за непереносимости лактозы, связанной с недостаточным количеством или отсутствием фермента β -галактозидазы в пищеварительном тракте человека.

Полное отсутствие лактазы, как правило, носит врожденный характер (первичная лактазная недостаточность), тогда как снижение активности этого фермента закономерно возникает в результате перенесенных кишечных инфекций (вторичная лактазная недостаточность). В обоих случаях лечение требует ограничения лактозы в рационе, причем в случаях первичной лактазной недостаточности почти полного ее исключения из питания, а при вторичной недостаточности – снижения содержания до уровня, соответствующего сохраняющейся активности лактазы. В соответствии с этим диетотерапия первичной лактазной недостаточности включает только безлактозные смеси, тогда как при вторичной могут употребляться и низколактозные смеси. Продукты со сниженным уровнем лактозы или ее полного отсутствия являются полноценными и содержат все необходимые ребенку первого года жизни пищевые вещества (белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные соли и микроэлементы). Низколактозные и безлактозные продукты необходимы детям с полным отсутствием лактазы, расщепляющей лактозу до глюкозы и галактозы, или с резким снижением ее активности.

В натуральном виде лактоза человеческим организмом не усваивается. Гидролиз лактозы может осуществляться различными способами: тепловым, химическим или ферментативным. Однако очень часто их недостатком является потеря витаминов и минеральных веществ молока, которые на последующих этапах переработки должны вновь вноситься [1]. Одним из перспективных путей решения данной проблемы является полное или частичное расщепление лактозы с помощью фермента β -галактозидазы [2 – 4] на моносахара глюкозу и галактозу.

В настоящее время за рубежом активно развивается производство безлактозных и низколактозных молочных продуктов, в том числе сгущенных молочных консервов с сахаром с использованием технологий гидролиза лактозы. За рубежом, в Финляндии, Америке, Канаде и странах Азии вырабатываются продукты для людей, intolerантных к лактозе, в основном питьевое молоко и цельномолочные продукты [5 – 7].

В России (Санкт-Петербурге и в Москве) известны новые продукты: пастеризованное, топленое и стерилизованное молоко с низким содержанием лактозы, также разработаны новые технологии сгущенного молока с сахаром «Юбилейное» и «Сластена» с использованием гидролиза лактозы, при этом изменяется химический состав молока, улучшаются органолептические показатели, исключается возможность кристаллизации лактозы в сгущенном молоке с сахаром в процессе хранения. За счет высокой степени сладости моносахаров глюкозы и галактозы появляется возможность уменьшить количество свекловичного сахара при производстве молочных сгущенных консервов с сахаром.

В Украине практически нет рынка низколактозных продуктов, за исключением смесей для новорожденных

детей. Таким образом, по меньшей мере около 10 % населения должны ограничиваться в потреблении молочных продуктов. Ферментативный гидролиз лактозы с помощью β -галактозидазы находит все более широкое применение в молочной промышленности, благодаря своим физико-химическим свойствам, кроме того, это обеспечивает население молочными продуктами, практически не содержащими молочного сахара [8, 9]. Источником получения биомассы микроорганизмов, используемой для выделения ферментов, являются культуры плесневых грибов, бактерий, дрожжей [10].

3. Цель и задачи исследования

Цель работы – установление и исследование параметров гидролиза лактозы молока. При этом изменяется химический состав молока и органолептические показатели – молоко приобретает сладкий вкус (за счет сладости моносахаров), что дает возможность снижения концентрации сахарозы при производстве низколактозных (гидролизированных) сгущенных молочных консервов с сахаром.

Для этого не обходимо решить следующие задачи:

- подобрать ферментативный препарат для гидролиза лактозы молока;
- определить режимы проведения ферментативного гидролиза лактозы молока (температуру, массовую долю ферментного препарата, продолжительность процесса, pH среду);
- определить оптимальную степень гидролиза молока, для дальнейшего использования его при производстве сгущенных консервов с сахаром;
- определить массовую долю сахарозы для рецептур сгущенных консервов с сахаром;
- исследовать титруемую, активную кислотность и органолептические показатели молока обезжиренного и цельного гидролизованного.

4. Методики, результаты и обсуждения исследований

Использовали ферментные препараты β -галактозидазы Neolactase, полученный из грибов *Aspergillus oryzae* и ферментный препарат

GODO-YNL2, полученный из дрожжей *Kluyveromyces lactis*.

Для проведения экспериментальных исследований и достижения конечного результата использовались методы анализа: органолептическая оценка – согласно ГОСТ 28283–89; молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу – ГОСТ 26809–86; титрометрические методики выполнения измерений кислотности – ГОСТ 30305.3–95; активная кислотность – ГОСТ 26781–85;

Определение массовой доли лактозы хроматографическим методом с использованием высокоэффективного жидкостного хроматографа SCL-6A фирмы «Shimadzu» (Япония) [11].

Индекс сладости молока определяли по формуле, разработанной в Одесской национальной академии пищевых технологий [12].

Степень гидролиза лактозы определяли криоскопическим методом, измеряя точку замерзания молока

гидролизованного на милиосметре – криоскопе термоэлектрическом МТ – 5-0,2 (Россия).

Из литературных данных, известно, что для производства низколактозного молока достаточно проведения 70...80 %-ного гидролиза, что является оптимальным решением между непереносимостью лактозы и производством продукта с хорошим вкусом.

Гидролиз более 90 % лактозы необходим только в случае исключительной непереносимости лактозы [2]. Руководствуясь этими данными, первоначально было запланировано проводить ферментативный гидролиз лактозы до степени гидролиза 70...80 %. Находили индекс сладости гидролизованного молока при различной степени гидролиза лактозы, рис. 1.

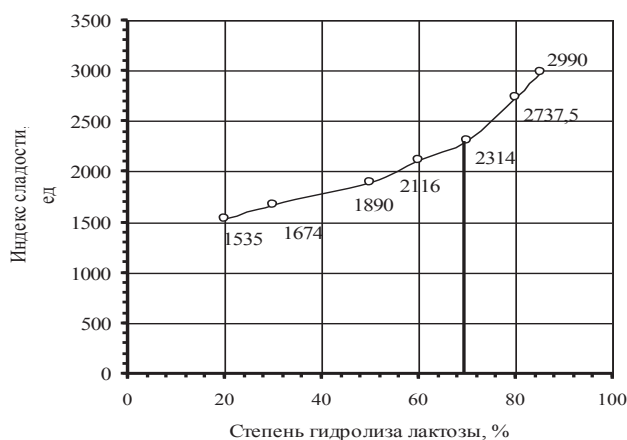


Рис. 1. Зависимость индекса сладости молока от степени гидролиза лактозы

Полученные результаты (рис. 1) свидетельствовали о том, что с изменением степени гидролиза лактозы увеличивается индекс сладости гидролизованного молока, что приводит к изменению его органолептических показателей. Гидролитическое расщепление ферментом β-галактозидазы лактозы молока до моносахаридов глюкозы и галактозы приводит к появлению сладкого привкуса, с повышением степени гидролиза лактозы повышается эффект сладости.

В табл. 1 представлены экспериментальные данные по органолептическим показателям гидролизованного молока с разной степенью гидролиза.

Согласно полученным результатам (табл. 1), следует, что гидролиз лактозы оказывает существенное влияние на органолептические показатели молока, в частности, на его вкус. Проведенные исследования свидетельствуют, что с увеличением степени гидролиза лактозы выше 30...32 % появляются вкусовые ощущения сладости молока, которые далее достигают сладкого вкуса при 70...72 % гидролизе лактозы, что подтверждает литературные данные и обосновывает проведение ферментативного гидролиза лактозы до этого показателя.

На рис. 2 представлены экспериментальные данные зависимости степени гидролиза лактозы: 2 а) от температуры молока; 2 б) от активной кислотности. Рис. 3 – зависимость степени гидролиза лактозы от продолжительности процесса и массовой доли препарата: а) препарат GODO-YNL2, температура 4...6 °C;

б) препарат GODO-YNL2, температура 43...45 °C; в) препарат Neolactase, температура 4...6 °C; г) препарат Neolactase, температура 48...50 °C

Таблица 1

Органолептические показатели молока гидролизованного

Продолжительность гидролиза лактозы, (60X60),с	Степень гидролиза за лактозы, %	Массовая доля, %			Органолептические показатели
		лактозы	глюкозы	галактозы	
Контроль	–	4,80±0,2	–	–	Вкус и запах Чистый, без посторонних, не свойственных свежему молоку привкусов и запахов
1,5 – 2*	48	2,30±0,11	1,25±0,06	1,25±0,06	Чистый, сладковатый, без посторонних привкусов и запахов
3,5 – 4*	71	1,20±0,06	1,80±0,09	1,80±0,09	Чистый, сладкий, без посторонних привкусов и запахов
16 – 18**	71	1,20±0,06	1,80±0,09	1,80±0,09	Чистый, сладкий, без посторонних привкусов и запахов
22 – 24**	76	0,80±0,04	2,00±0,10	2,00±0,10	Чистый, с выраженным сладким вкусом, без посторонних привкусов и запахов

* – температура 43...45 °C, массовая доля ферментного препарата 0,03 %;

** – температура 4...6 °C, массовая доля ферментного препарата 0,01 %.

Активность ферментных препаратов составляла 5000 НЛЕ/мл. Проводили исследования в диапазоне температур от 6 до 70 °C. Массовая доля ферментных препаратов β-галактозидазы составляла: Neolactase – 0,04 % (от количества сырья) и GODO-YNL2 – 0,03 % (от количества сырья), продолжительностью процесса 3,5...4,0 часа. Как свидетельствуют экспериментальные данные (рис. 2, а), наибольшая активность ферментов и глубина протекания ферментативного процесса гидролиза лактозы проявляется при температурах 48...50 и 43...45 °C, для Neolactase и GODO-YNL2, со-ответственно, что совпадает с данными технических характеристик этих препаратов. Дальнейшее повышение температур приводит к снижению активности фермента. Так, при 58...60 °C степень гидролиза лактозы составляет около 50 % для Neolactase и около 30 % для GODO-YNL2. Самая низкая степень гидролиза лактозы для GODO-YNL2 при температуре 63...65 °C и для Neolactase при температуре 68...70 °C, по всей видимости, проходит инактивация β-галактозидазы, что подтверждается литературными данными для

лактаз грибного и дрожжевого происхождения и соответствует технической характеристике препаратов.

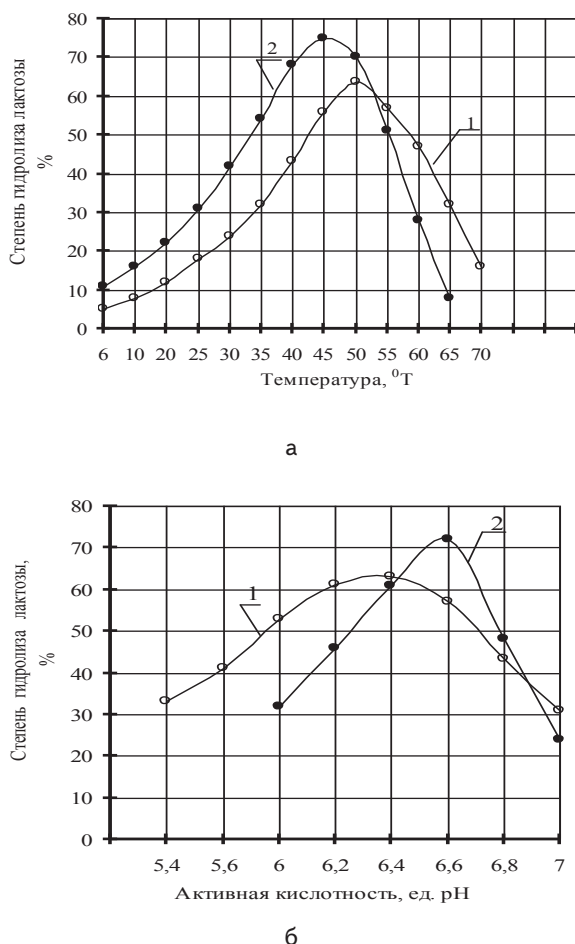


Рис. 2. Зависимость степени гидролиза лактозы: а - от температуры молока; б - от активной кислотности, 1 - Neolactase; 2 - GODO-YNL2

Анализируя экспериментальные данные (рис. 2, б) по влиянию активной кислотности молока на гидролиз лактозы молока, можно сделать вывод, что графики различны. При pH 6,0 для Neolactase степень гидролиза лактозы составляет примерно 50 %, для GODO-YNL2 – 35-процентный гидролиз лактозы. Максимальная степень гидролиза лактозы для Neolactase составляет $63,2 \pm 3,1$ % при pH 6,4, для GODO-YNL2 – $72 \pm 3,6$ % при pH 6,6.

Представленные графические зависимости (рис. 3, а, б) свидетельствуют о том, что с увеличением продолжительности процесса гидролиза и увеличения массовой доли препарата (до определенной дозы) степень гидролиза лактозы возрастает. Так, например, при использовании GODO-YNL2 через 1 час степень гидролиза составляет около 30 %, через 3,5...4 часа – $55,0 \pm 2,7$ % (при температуре 43...45 °C и массовой доли препарата 0,01 %). При использовании Neolactase через 1 час уровень гидролиза лактозы составляет $26,2 \pm 1,3$ %, через 3,5...4 часа – около 53 % (при температуре 48...50 °C и массовой доли препарата 0,01 %).

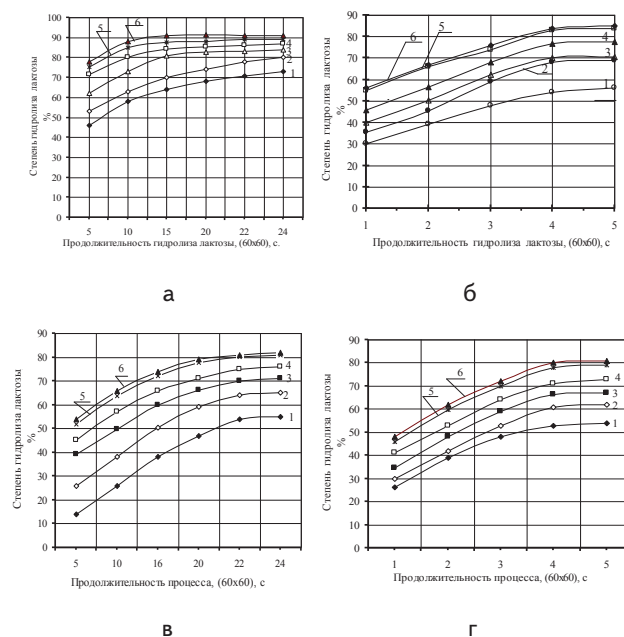


Рис. 3. Зависимость степени гидролиза лактозы от продолжительности процесса и массовой доли препарата: а - препарат GODO-YNL2, температура 4...6 °C; б - препарат GODO-YNL2, температура 43...45 °C; в - препарат Neolactase, температура 4...6 °C; г - препарат Neolactase, температура 48...50 °C; 1 – массовая доля препарата 0,01 %; 2 – массовая доля препарата 0,02 %; 3 – массовая доля препарата 0,03 %; 4 – массовая доля препарата 0,04 %; 5 – массовая доля препарата 0,05 %; 6 – массовая доля препарата 0,06 %

Анализируя экспериментальные данные (рис. 3, в, г), следует отметить, что при внесении препарата Neolactase требуемая степень гидролиза лактозы (70...72 %) достигалась с большими затратами, по сравнению с препаратом GODO-YNL2. На основании проделанных исследований (рис. 1 – 3) можно сделать вывод, что по технологичности, эффективности фермента для гидролиза лактозы молока целесообразно использовать препарат GODO-YNL2 (активностью 5000 НЛЕ/мл, pH среды – 6,6).

Рекомендуем параметры проведения ферментативного гидролиза лактозы для достижения степени гидролиза лактозы 70...72 %:

- температура 43...45 °C, массовая доля препарата 0,03 %, продолжительность 3,5...4 часа;
- температура 4...6 °C, массовая доля препарата 0,01 %, продолжительность 18...20 часов;
- температура 4...6 °C, массовая доля препарата 0,02 %, продолжительность 13...15 часов.

Высокие температурные режимы термической обработки молока (выше 100 °C) гарантируют высокие санитарно-гигиенические, микробиологические показатели молока и консистенцию соответствующей вязкости [13].

Проведенные исследования показывают, что для предотвращения развития посторонней микрофлоры тепловую обработку гидролизованного молока необходимо проводить при температуре 110...112 °C без выдержки, что позволит выработать продукты высокого качества.

На следующем этапе работы возникла необходимость установления параметров термической обработки гидролизованного молока.

Микробиологические показатели гидролизованного молока приведены в табл. 2.

Как показали результаты исследований, требованиям консервирования отвечают показатели общей эффективности в пределах 99,997...99,999 %, т.е. остаточная микрофлора (МАФАНМ и спорообразующих бактерий) не превышает сотни или десятки клеток в 1 мл. молока.

Таблица 2

Численность остаточной микрофлоры в гидролизованном молоке, обработанном при разных режимах

Режим обработки, °С	МАФАНМ, lg КОЕ/см ³	Спорообразующие микроорганизмы, lg КОЕ/см ³
Исходное молоко (контроль)	6,34	4,41
85...87 (1 мин)	1,78±0,09	1,60±0,08
95...97 без выдержки	1,78±0,09	1,60±0,08
110...112 без выдержки	1,30±0,06	1,30±0,06
110...112 (3-5 с)	1,30±0,06	1,30±0,06
113...115 (3-5 с)	1,10±0,05	1,10±0,05

О возможности промышленного использования ферментного препарата GODO-YNL2 необходимо исследовать влияние ферментативного гидролиза лактозы на титруемую и активную кислотности молока [16], усредненные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

Титруемая и активная кислотность молока при различной степени гидролиза лактозы и продолжительности процесса

Продолжительность гидролиза, (60X60), с	Степень гидролиза лактозы, %	Титруемая кислотность, °Т	Активная Кислотность
Контроль	-	18,0±0,5	6,6±0,1
2,5 - 3*	54,1±2,7	18,0±0,5	6,6±0,1
3,5 - 4*	70,6±3,6	19,0±1,0	6,6±0,1
14 - 16**	66,2±3,6	19,0±1,0	6,6±0,1
18 - 20**	70,4±3,6	19,0±1,0	6,6±0,1
22 - 24**	76,2±3,8	21,0±1,0	6,5±0,1
6 - 8***	53,1±2,6	18,0±0,5	6,6±0,1
13 - 15***	71,0±3,8	19,0±1,0	6,6±0,1
18 - 20***	82,0±4,1	21,0±1,0	6,5±0,1

* - температура 43...45 °С, массовая доля препарата 0,03 % от массы сырья;

** - температура 4...6 °С, массовая доля препарата 0,01 % от массы сырья;

*** - температура 4...6 °С, массовая доля препарата 0,02 % от массы сырья.

При степени гидролиза лактозы 82 % титруемая кислотность повысилась и составила 21,0±1,0 °Т, активная кислотность понизилась до 6,5±0,1. Такие показатели активной кислотности и титруемой кислотности не желательны для технологического процесса при производстве молочных сгущенных консервов с сахаром.

На основании проделанных исследований были разработаны технологические схемы гидролизованного обезжиренного и цельного молока, рис. 4, 5.

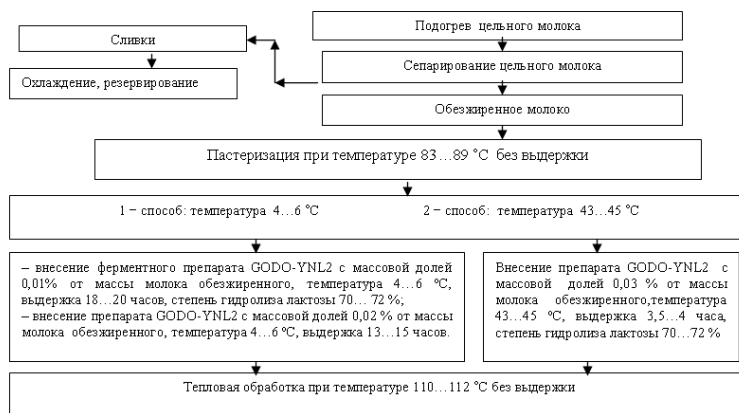


Рис. 4. Схема гидролиза лактозы обезжиренного молока с применением фермента β-галактозидазы

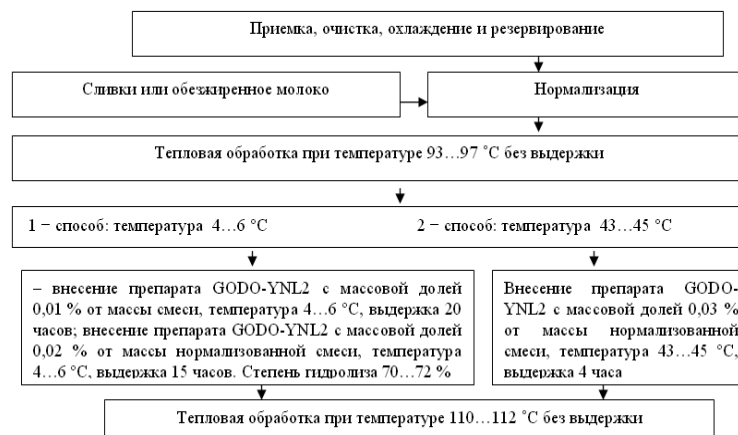


Рис. 5. Схема гидролиза лактозы молока цельного с применением фермента β-галактозидазы

Как следует из экспериментальных данных (табл. 3), можно сделать вывод, что титруемая кислотность молока подвергнутого ферментативному гидролизу лактозы препаратом GODO-YNL2 практически не изменилась при режимах гидролиза (температура 4...6 °С, массовая доля препарата 0,01 % и 0,02 % от сырья, продолжительностью 18...20 час и 13...15 час, соответственно, и при температуре 43...45 °С, массовая доля препарата 0,03 % от сырья, продолжительностью 3,5...4 часа) [14, 15].

В дальнейшей работе поставлены задачи использования гидролизованного обезжиренного и цельного молока при производстве новых технологий сгущенных гидролизованных молочных консервов с сахаром.

5. Выводы

1. Изучено влияние температуры, массовой доли ферментного препарата, продолжительности процесса, pH среды на гидролиз лактозы молока под воздействием ферментных препаратов β -галактозидазы GODO-YNL2 и Neolactase.

2. С учетом технологичности, эффективности и стоимости фермента для гидролиза лактозы молока рекомендовано использовать препарат GODO-YNL2.

3. Установлено, что сладость молока повышается с увеличением степени гидролиза. Указанный эффект определяет возможность экономии сахара в рецептурах гидролизованных сгущенных консервах с сахаром.

4. Гидролитическое расщепление ферментом β -галактозидазы лактозы молока до моносахаридов глюкозы и галактозы приводит к изменению его органолептических показателей (появление сладкого

привкуса), с повышением степени гидролиза лактозы повышается эффект сладости.

5. Предложены технологические режимы проведения ферментативного гидролиза лактозы обезжиренного и цельного молока препаратом GODO-YNL2: температура 4...6 °С, массовая доля ферментного препарата 0,01 и 0,02 %, (активностью 5000 НЛЕ/мл), продолжительность 18...20 и 13...15 часов; температура 43...45 °С, массовая доля ферментного препарата – 0,03 %, продолжительность 3,5...4 часа, pH сырья 6,6±0,1.

6. Установлено, что ферментативный гидролиз лактозы со степенью гидролиза 70...72 % не значительно влияет на кислотность молока.

7. Предложена тепловая обработка при температуре 110...112 °С без выдержки, соблюдение данных режимов исключает опасность от протеолитической и липолитической микрофлоры молока.

8. Разработаны технологические схемы гидролиза лактозы молока обезжиренного и цельного с применением фермента β -галактозидазы.

Литература

1. Михайлова, Н. И. Гидролиз лактозы [Текст] / Н. И. Михайлова // Переработка молока. – 2003. – № 5. – С. 11–12.
2. Рипелиус, К. Максилат – ферментная обработка молока решает проблему непереносимости лактозы [Текст] / К. Рипелиус, Б. М. Двинский // Молочная промышленность. – 1995. – № 5. – С. 23–25.
3. Донской, Н. С. Применение ферментативного гидролиза лактозы [Текст] / Н. С. Донской, А. Д. Лодыгин и др. // Молочная промышленность. – 2008. – № 11. – С. 74–75.
4. Скорченко, Т. А. Перспективи виробництва молочних продуктів з гідролізованною лактозою [Текст] / Т. А. Скорченко, А. Г. Пухляк, Т. Г. Федченко // Молочное Дело. – 2005. – Т. 2, № 3. – С. 16–18.
5. Погосян, А. С. Розробка технології низьколактозних молочних продуктів з використанням ферментних препаратів β -галактозидази [Текст] : автореф. дис. ... кан. тех. наук: 05.18.04 / А. С. Погосян; Одеська державна академія харчових технологій. – 2007. – С. 1–17.
6. Арсеньева, Т. Низьколактозное сливочно – растительное мороженое [Текст] / Т. Арсеньева, А. Брусенцев, Е. Брусенцев // Молочная промышленность. – 2008. – № 7. – С. 57–58.
7. Чагаровская, А. Молочное мороженое с гидролизованной лактозой [Текст] / А. Чагаровская // Молочная промышленность. – 2008. – № 5 (48). – С. 68–69.
8. Mahoney, R. Purification and physicochemical properties of beta-galactosidase the *Klyveromyces fragilis* [Text] / R. Mahoney, J. Whitaker // Food Sci. – 1978. – № 43. – P. 584–591.
9. Potter, Webb F. The enzymatic hydrolysis of lactose in skim milk and whey [Text] / Webb F. Potter // Butter, cheese, milk prod. – 1989. – № 42(2). – P. 24–27.
10. Tanriseven, A. A Novel method for the immobilization of β -galactosidase [Text] / A. Tanriseven // Process Biochemistry. – 2002. – № 10 (4). – P. 12–15.
11. Бауэр, Г. Высокоэффективная жидкостная хроматография в биохимии [Текст] / Г. Бауэр, Х. Энгель, А. Хеншен и др. – Мир, 1988. – 687 с.
12. Чагаровский, А. П. Влияние ферментативного гидролиза лактозы с помощью препарата β -галактозидазы на органолептические и физико-химические показатели молока [Текст] / А. П. Чагаровский, А. С. Погосян // Молочная промышленность. – 2006. – № 8 (33). – С. 32–35.
13. Полищук, П. К. Микробиология молока и молочных продуктов [Текст] / П. К. Полищук, Э. С. Дербинова, Н. Н. Казанцева. – Пищевая промышленность, 1978. – 240 с.
14. Калинина, Е. Д. Изучение влияния температурных режимов на ферментный препарат β -галактозидазу [Текст] : сб. науч. труд. / Е. Д. Калинина, С. Ю. Афанасенко, В. Н. Шалевская // Луганский национальный аграрный университет. – 2006. – Вып. 64/87. – С. 135–138.
15. Калинина, Е. Д. Использование фермента β -галактозидазы в производстве сгущенных молочных продуктов [Текст] : VII-я Международная науч.-техн. конф., 1, Могилев / Е. Д. Калинина. – Могилев, 2009. – С. 279–280.
16. Калініна, О. Д. Вплив ферментативної обробки β -галактозидазою на зміну органолептичних і фізико-хімічних показників знежиреного молока [Текст] : темат. зб. наук. пр. / О. Д. Калініна. – Донецьк. – 2005. – Вып. 13. – С. 77–82.
17. Samer, J. Production and properties of lactase [Text] / J. Samer // Biol. Chem. – 1987. – № 93. – С. 347–350.