

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ЛАКТОЗЫ В МОЛОЧНОМ СЫРЬЕ

Т.Л. Шуляк, Н.Ф. Гуца

Исследован процесс гидролиза лактозы в молочном сырье при использовании ферментного препарата дрожжевой β -галактозидазы MaxilactLGi5000. Определены рациональные параметры гидролиза лактозы в молоке для получения низколактозных молочных продуктов: доза фермента, температура ферментации и продолжительность выдержки при этой температуре.

Введение

Часть населения земного шара не может употреблять молоко, что связано с недостаточным количеством или отсутствием фермента β -галактозидазы (лактазы) в пищеварительном тракте человека. При недостатке или отсутствии этого фермента не происходит гидролиза лактозы, она достигает толстого кишечника в нативном состоянии, где расщепляется кишечной микрофлорой до образования органических кислот и углекислого газа. Накопление этих соединений способствует повышению осмотического давления, притоку в толстый кишечник жидкости, вызывая такие симптомы, как диарея, рвота, боли в кишечнике. По данным Всемирной организации здравоохранения лактазной недостаточностью страдает от 10 до 80 % людей среди различных групп населения [1].

Известно несколько способов снижения содержания лактозы в молоке: сбраживание лактозы молочнокислой микрофлорой до молочной кислоты и других продуктов; разделение молока с освобождением лактозы, затем вновь соединение компонентов; гидролиз лактозы до глюкозы и галактозы. Последний способ для производства низколактозных продуктов наиболее привлекателен, поскольку не требует значительных затрат времени и материалов для достижения нужного эффекта. Однако следует отметить, что на сегодняшний день отсутствует полная информация о кинетике гидролиза лактозы с применением различных ферментных препаратов β -галактозидазы [2].

В связи с этим целью работы явилось исследование кинетики процесса гидролиза лактозы в молоке под действием ферментного препарата MaxilactLGi5000 и установление рациональных параметров ферментативного гидролиза лактозы с использованием указанного ферментного препарата.

Ферментный препарат MaxilactLGi5000 компании «DSM Food Specialties B.V.» (Нидерланды) является дрожжевой β -галактозидазой нового поколения, который уникален по сравнению с аналогичными ферментами отсутствием побочных инвертазной и арилсульфатазной активностей. Как известно, инвертаза изменяет состав сахаров в молочных продуктах с добавленным сахаром за счет конверсии сахарозы и образования глюкозы и фруктозы, а арилсульфатаза приводит к появлению посторонних нот во вкусе за счет гидролиза с-крезола, содержащегося в молоке.

Результаты исследований и их обсуждение

На первом этапе работы исследовано влияние температуры ферментации на степень гидролиза лактозы в молочном сырье. Исследования проводили на обезжиренном молоке. Массовую долю остаточной лактозы, а также степень гидролиза лактозы определяли модифицированным йодометрическим методом [3].

Ферментацию проводили в диапазоне температур от 34 до 43 °С с шагом 3 °С при дозах ферментного препарата 0,30; 0,10 и 0,05 %. Продолжительность ферментации составила 3,5 ч.

Данные по снижению массовой доли лактозы в процессе ферментации при разных темпе-

ратурах представлены в таблице 1.

Таблица 1– Изменение массовой доли лактозы в обезжиренном молоке в зависимости от температуры ферментации при различных дозах ферментного препарата

Доза ферментного препарата, %	Массовая доля лактозы в исходном молоке, %	Массовая доля остаточной лактозы, %, при температуре ферментации			
		34 °С	37 °С	40 °С	43 °С
0,30	4,82	0,22	0,09	0,00	0,06
0,10	4,82	0,46	0,35	0,12	0,23
0,05	4,82	1,18	0,88	0,62	0,81

Из таблицы 1 видно, что при всех дозах ферментного препарата максимальное снижение массовой доли лактозы наблюдается при температуре 40 °С, минимальное – при температуре 34 °С.

Степень гидролиза лактозы в зависимости от температуры при разных дозах ферментного препарата и уравнения регрессии, описывающие эти зависимости, представлены на рисунке 1 и в таблице 2.

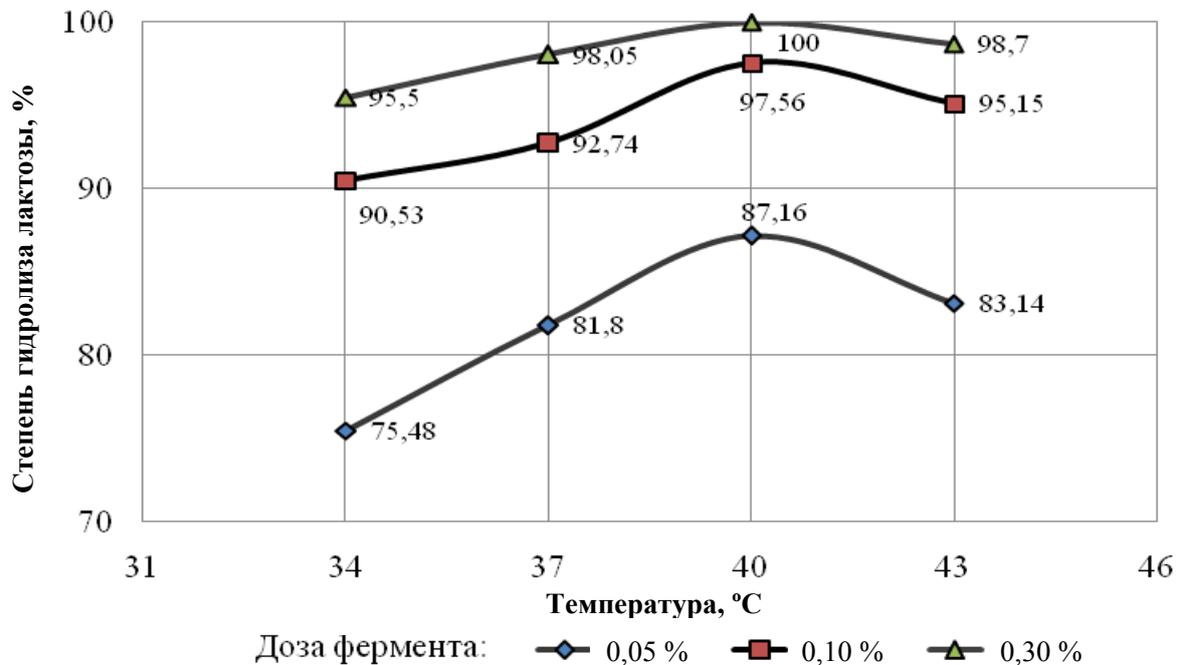


Рисунок 1 – Зависимость степени гидролиза лактозы в обезжиренном молоке от температуры ферментации

Таблица 2 – Уравнения регрессии, описывающие зависимость степени гидролиза лактозы в обезжиренном молоке от температуры ферментации

Доза ферментного препарата, %	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации R ²
0,05	$y = -0,2872x^2 + 23,061x - 376,98$	0,9497
0,10	$y = -0,0607x^3 + 6,8872x^2 - 258,47x + 3304,4$	1,0000
0,30	$y = -0,1069x^2 + 8,6197x - 74,075$	0,9673

Из рисунка 1 видно, что уже при температуре 34 °С и продолжительности ферментации 3,5 ч достигается степень гидролиза лактозы более 75 % для всех исследуемых доз ферментного препарата. С ростом температуры от 34 до 40 °С наблюдается увеличение степени гидролиза лактозы до её наибольшего значения. Так при дозах вносимого фермента 0,05; 0,1 и 0,3 % степень гидролиза лактозы составила 87,16; 97,56 и 100 % соответственно. Дальнейшее повышение температуры до 43 °С приводит к ослаблению действия фермента, и степень гидролиза лактозы снижается.

Таким образом, наиболее рациональной температурой для проведения процесса гидролиза лактозы в молочном сырье под действием ферментного препарата Maxilact LGi 5000 является температура 40 °С.

Далее было изучено влияние продолжительности ферментации на степень гидролиза лактозы в молоке при разных температурах. Ранее полученные нами результаты показали, что ферментный препарат Maxilact LGi 5000 проявляет достаточно высокую активность и при температуре 4 °С [4]. Это имеет положительное значение с технологической точки зрения, так как позволяет совместить процесс гидролиза лактозы с хранением молока в охлажденном состоянии. В связи с этим процесс гидролиза лактозы в обезжиренном молоке исследовали при температурах 40 и 4 °С. Продолжительность ферментации составила от 0,5 ч до 5 ч при температуре 40 °С и от 12 ч до 20 ч при температуре 4 °С.

Данные по снижению массовой доли лактозы в процессе ферментации при разных температурах представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Изменение массовой доли лактозы в обезжиренном молоке в процессе ферментации при температуре 40 °С

Доза ферментного препарата, %	Массовая доля лактозы в исходном молоке, %	Массовая доля остаточной лактозы, %, при продолжительности ферментации, ч					
		0,5	1	2	3	4	5
0,30	4,82	1,28	0,90	0,53	0,07	0,00	0,00
0,10	4,82	1,82	1,43	0,98	0,45	0,00	0,00
0,05	4,82	2,38	1,99	1,38	0,85	0,43	0,12

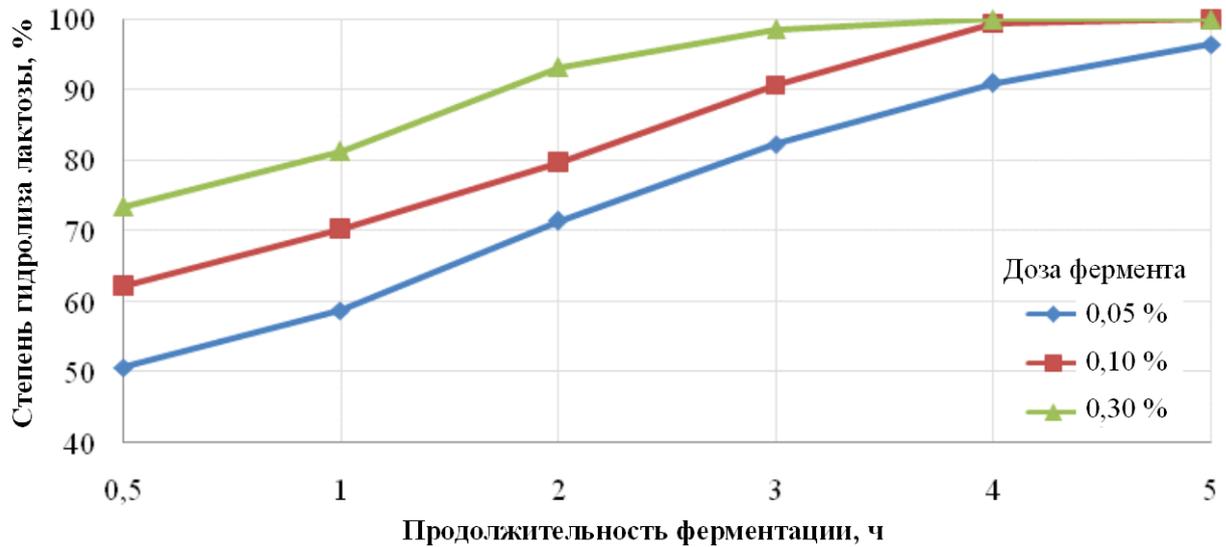
Таблица 4 – Изменение массовой доли лактозы в обезжиренном молоке в процессе ферментации при температуре 4 °С

Доза ферментного препарата, %	Массовая доля лактозы в исходном молоке, %	Массовая доля остаточной лактозы, %, при продолжительности ферментации, ч								
		12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,30	4,82	2,11	1,67	1,15	0,74	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	4,82	2,79	2,26	1,83	1,53	1,18	0,88	0,54	0,41	0,24
0,05	4,82	-	-	2,88	2,50	2,07	1,70	1,43	1,09	0,84

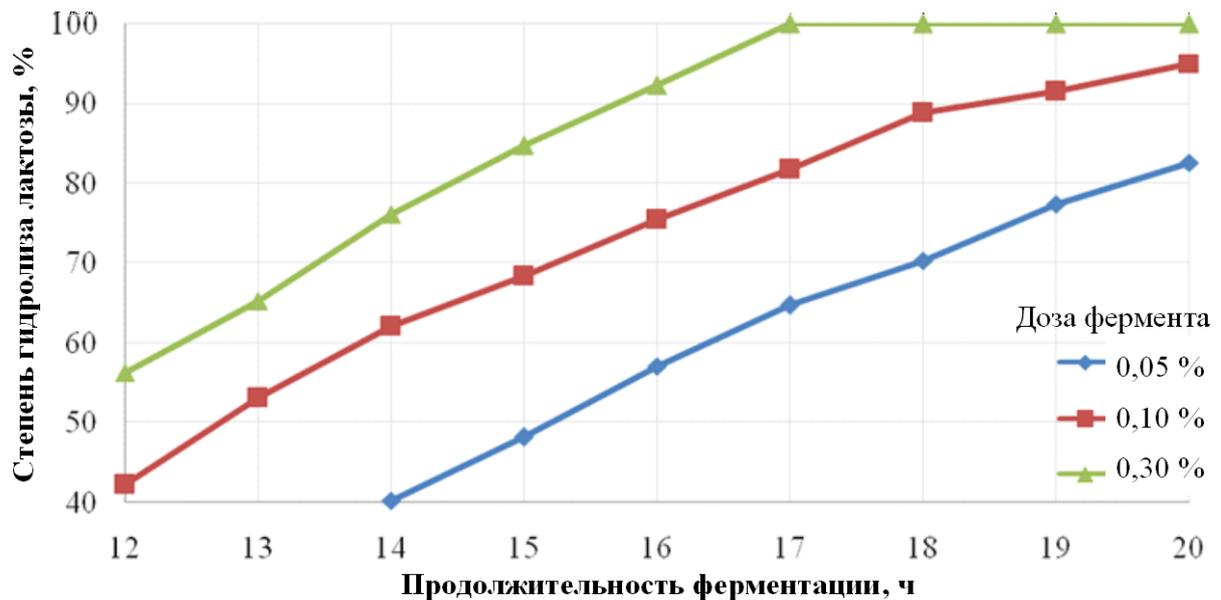
Как видно из таблицы 3, для получения низколактозного продукта (содержание лактозы не более 1 г в 100 г продукта) процесс гидролиза лактозы при 40 °С необходимо проводить при дозе ферментного препарата 0,3 % не менее 1 ч, при дозе ферментного препарата 0,1 % – не менее 2 ч, при дозе ферментного препарата 0,05 % – не менее 3 ч.

Данные таблицы 4 показывают, что для получения низколактозного продукта процесс гидролиза лактозы при температуре 4 °С необходимо проводить при дозе ферментного препарата 0,3 % не менее 15 ч, при дозе ферментного препарата 0,1 % – не менее 17 ч, при дозе ферментного препарата 0,05 % – не менее 20 ч.

Степень гидролиза лактозы в зависимости от продолжительности ферментации при различных дозах ферментного препарата представлена на рисунке 2.



а)



а – температура ферментации 40 °С; б – температура ферментации 4 °С

Рисунок 2 – Зависимость степени гидролиза лактозы в обезжиренном молоке от продолжительности ферментации при разных температурах

Полученные экспериментальные данные были статистически обработаны с расчетом величины достоверности аппроксимации R^2 . Уравнения, описывающие зависимость степени гидролиза лактозы от температуры при разных дозах ферментного препарата, от продолжительности ферментации при различных температурах и дозах ферментного препарата, представлены в таблицах 2 и 5. Расчетное значение величины аппроксимации во всех случаях находится в диапазоне от 0,95 до 1,0, что говорит о достоверности полученных данных.

Таблица 5 – Уравнения регрессии, описывающие зависимость степени гидролиза лактозы в обезжиренном молоке от продолжительности ферментации при разных температурах

Доза ферментного препарата, %	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации R ²
Температура ферментации 40 °С		
0,05	$y = -0,3735x^3 + 3,3998x^2 + 1,4333x + 45,987$	0,9992
0,10	$y = -0,5418x^3 + 4,9772x^2 - 3,9967x + 62,033$	0,9988
0,30	$y = -1,4443x^2 + 15,665x + 58,148$	0,9855
Температура ферментации 4 °С		
0,05	$y = -0,3242x^2 + 10,987x + 9,976$	0,9992
0,10	$y = -0,4473x^2 + 11,031x + 32,138$	0,9982
0,30	$y = -0,0665x^3 + 0,0649x^2 + 10,821x + 44,891$	0,9953

Представленные на рисунке 2 и в таблице 5 зависимости могут быть использованы для определения продолжительности процесса ферментации при выбранной дозе ферментного препарата и температуре ферментации, чтобы достичь желаемой степени гидролиза лактозы.

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что подобранные рациональные параметры ферментативного гидролиза лактозы в обезжиренном молоке (с массовой долей жира 0,05 %) под действием ферментного препарата β-галактозидазы Maxilact LGi 5000 могут быть использованы для проведения процесса гидролиза лактозы в молоке другой жирности и в пахте.

Заключение

Установлены зависимости степени гидролиза лактозы в молоке от температуры и продолжительности ферментации при использовании различных доз ферментного препарата Maxilact LGi5000 и получены математические уравнения, описывающие эти зависимости.

Обоснованы рациональные параметры проведения процесса гидролиза лактозы в молоке под действием ферментного препарата Maxilact LGi 5000. Установлено, что для получения низколактозного молочного продукта процесс гидролиза лактозы при температуре 40 °С необходимо проводить не менее 1 ч при дозе ферментного препарата 0,3 %, не менее 2 ч – при дозе ферментного препарата 0,1 %, не менее 3 ч – при дозе ферментного препарата 0,05 %. При температуре 4 °С процесс гидролиза лактозы необходимо проводить не менее 15 ч при дозе ферментного препарата 0,3 %, не менее 17 ч – при дозе ферментного препарата 0,1 %, не менее 20 ч – при дозе ферментного препарата 0,05 %.

Литература

- 1 Арсеньева, Т.П. К чему приводит лактазная недостаточность / Т.П. Арсеньева // Молочная промышленность. – 2010. – № 7. – С. 28–30.
- 2 Тихомирова, Н.А. Низколактозные и безлактозные продукты детского и лечебного питания / Н.А. Тихомирова // Переработка молока. – 2016. – № 3. – С. 18–19.
- 3 Шуляк, Т.Л. Определение лактозы в гидролизованных молочных смесях модифицированным йодометрическим методом / Т.Л. Шуляк, М.А. Глушаков // Вестник МГУП. – 2014. – № 2 (17) – С. 46–50.
- 4 Шуляк, Т.Л. Исследование процесса гидролиза лактозы в молочных средах под действием ферментных препаратов Maxilact / Т.Л. Шуляк, Н.Ф. Гуца, Е.Н. Кулешова // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XVМеждународ. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 октября 2016 г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; редкол.: З.В. Ловкис [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – С. 164–166.

Поступила в редакцию 16.12.2016