УДК 637.146
https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-23

Влияние гидролиза лактозы
на свойства йогурта и простокваши

Юлия Игоревна Крысанова, младший научный сотрудник
Владимир Геннадьевич Блиадзе, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности
E-mail: yu_krysanova@vnimi.org, v_bliadze@vnimi.org

Изучено влияние гидролиза лактозы на свойства кисломолочных продуктов. Для выработки опытных образцов кисломолочных продуктов использовали: безлактозное молоко, полученное путем ферментативного гидролиза с помощью препарата «Bonlacta™» (15250 SDLU/g, IFF Nutrition & Biosciences Inc., США); закваску, состоящую из Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus и Streptococcus salivarius subsp. thermophilus (йогурт) и St. salivarius subsp. thermophilus (простокваша). Контролем служили простокваша и йогурт, выработанные с применением тех же заквасок, но на традиционном молоке. Безлактозный йогурт имел более прочный сгусток, меньшее число жизнеспособных клеток, более длительную продолжительность ферментации и меньшую титруемую кислотность по сравнению с контролем. Вязкость безлактозного продукта слабо отличалась от вязкости контрольного. Безлактозная простокваша также имела более прочный сгусток и меньшую титруемую кислотность. Однако в отличие от йогурта вязкость безлактозной простокваши была выше, чем у контрольной, а продолжительность ферментации, как и количество жизнеспособных клеток, были одинаковыми. Тем не менее оба безлактозных продукта соответствовали требованиям ТР ТС 033/2013.

Ключевые слова: *β-галактозидаза, безлактозный йогурт, безлактозная простокваша, лактазная недостаточность.*

Krysanova Ju.I. Influence of Lactose Hydrolyzation on Properties of Yogurt and Sour Milk
All-Russian Dairy Research Institute

The effect of lactose hydrolysis on the properties of fermented milk products has been studied. The following sour-milk products were used to produce experimental samples: lactose-free milk obtained by enzymatic hydrolysis using «Bonlacta™» (15250 SDLU/g, IFF Nutrition & Biosciences Inc., USA); sourdough consisting of Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus and Streptococcus salivarius subsp. thermophilus (yogurt) and St. salivarius subsp. thermophilus (sour milk/prostokvasha). Sour milk and yogurt produced with the same starters but with conventional milk were used as controls. Lactose-free yogurt produced had a stronger clot, fewer viable cells, longer fermentation time and lower titratable acidity compared to the control yogurt. The viscosity of the lactose-free product was slightly different from that of the control. The lactose-free yogurt was also found to have a stronger clot and slightly lower titratable acidity. However, unlike yogurt, the viscosity of the lactose-free sour milk was higher than that of the control, and the duration of fermentation as well as the number of viable cells were the same. Nevertheless, both lactose-free products complied with the Technical Regulation of the Customs Union 033/2013.

Key words: *β-galactosidase, lactose-free yoghurt, lactose-free sour milk, lactose intolerance.*

Кисломолочные продукты являются источником ценных питательных веществ, про- и пребиотиков, витаминов и микроэлементов [1, 2]. Несмотря на то что лактозы в них меньше, чем в молоке, этого количества (не менее 3 %) достаточно, чтобы инициировать признаки несварения у людей с непереносимостью лактозы, такие как боль в животе, диарея, тошнота, метеоризм и др. [3, 4]. Чтобы люди, страдающие гиполактазией, могли употреблять кисломолочные продукты, необходимо искусственно снижать в них содержание лактозы.

Данные исследований физико-химических и микробиологических свойств кисломолочных продуктов, полученных из молока, подвергнутого гидролизу лактозы, сильно варьируются. Так, в статье [5] с помощью фермента «Maxilact L2000» получают йогурт с применением нескольких видов заквасок, содержащих *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, а также кисломолочный продукт с использованием монокультуры *S. thermophilus*. Авторы говорят о сокращении продолжительности ферментации и снижении вязкости безлактозных продуктов. В работе [6] лактозу гидролизовали с помощью фермента «LactoProzyn», йогурт получали с использованием классической закваски. Продолжительность ферментации безлактозного йогурта была выше, чем контрольного. Также показано незначительное снижение количества жизнеспособных клеток в безлактозном продукте. Коллектив авторов [7] исследовал безлактозный йогурт, полученный с использованием фермента «GODO-YNL». Отмечено увеличение продолжительности ферментации, вязкости и количества клеток *L. bulgaricus* для безлактозного продукта.

Цель работы — оценка влияния гидролиза лактозы на микробиологические и физико-химические свойства кисломолочных продуктов.

Возможно, свойства безлактозных кисломолочных продуктов зависят от состава закваски и других условий выработки. Чтобы подтвердить или опровергнуть предположение, для изготовления простокваши была выбрана монокультура *S. thermophilus* («St-Body-3», Chr. Hansen), йогурта — закваска на основе *L. bulgaricus* и *S. thermophilus* из коллекции молочнокислых, пробиотических бактерий и заквасок центральной лаборатории микробиологии ВНИМИ.

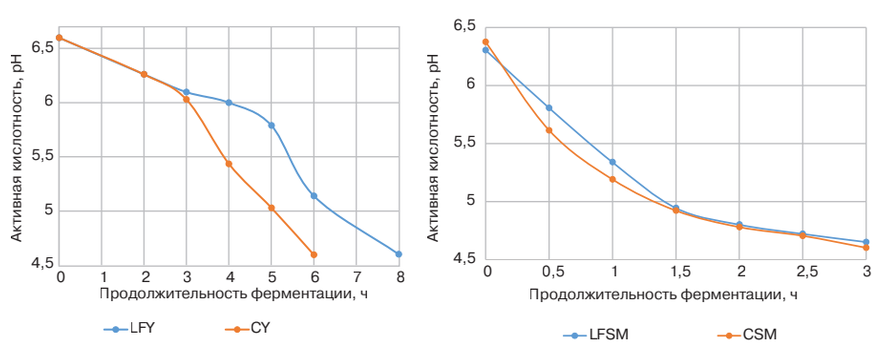

Рис. 1. Продолжительность ферментации: LFY – безлактозный йогурт; CY – классический йогурт; LFSM – безлактозная простокваша; CSM – классическая простокваша

Продукт	Титруемая кислотность, Т°	Вязкость, Па·с		Количество микроорганизмов, КОЕ/г	
		10 °С	20 °С	*L. bulgaricus*	*S. thermophilus*
Йогурт					
Классический	85±0,6	3,648±0,003	2,934±0,006	$2{,}3 \cdot 10^8$	$2{,}6 \cdot 10^8$
Безлактозный	83±0,3	3,657±0,002	2,942±0,010	$1{,}4 \cdot 10^8$	$1{,}0 \cdot 10^8$
Простокваша					
Классическая	86±1,5	0,593±0,005	0,438±0,006	–	$2{,}5 \cdot 10^8$
Безлактозная	85±0,9	0,750±0,002	0,53±0,003	–	$2{,}5 \cdot 10^8$

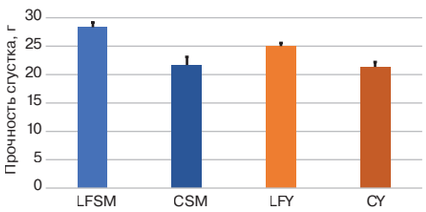

Рис. 2. Прочность сгустка кисломолочных продуктов: LFSM – безлактозная простокваша; CSM – классическая простокваша; LFY – безлактозный йогурт; CY – классический йогурт

Стерильное восстановленное молоко подвергали гидролизу лактозы при 45±1 °С в течение 1 ч с помощью фермента «Bonlacta™» (15250 SDLU/g, IFF Nutrition & Biosciences Inc., США). Фермент инактивировали при 85±1 °С в течение 3 мин с последующим охлаждением до температуры заквашивания 42±1 °С. Затем в молоко вносили заквасочные культуры. Гидролиз и ферментацию проводили на оборудовании «DASGIP® Parallel Bioreactor System» (DASGIP AG, Германия) с периодическим измерением pH. По достижении pH 4,6 кисломолочные продукты выдерживали 12 ч при 6±1 °С. Для выработки контрольных образцов те же заквасочные культуры вносили в молоко, не подвергнутое гидролизу.

Методы оценки контрольных и опытных образцов не отличались. Прочность термостатного сгустка измеряли на структурометре СТ-2 (ООО «Лаборатория качества», Россия): диаметр индентора 34 мм, глубина погружения 4 мм, скорость погружения 1 мм/с. Вязкость разрушенных в одинаковых условиях сгустков определяли с помощью ротационного вискозиметра Brookfield RVDV–II+Pro (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., США) по методике [8], титруемую кислотность — по ГОСТ Р 54669 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности». Для микробиологического анализа использовали молоко стерильное обезжиренное и дифференциальные среды MRS-агар и М17 по МР 2.3.2.2327–08.

Содержание лактозы в контрольном обезжиренном молоке, не подвергнутом ферментативному гидролизу, составило 4,74 %, в молоке после ферментативного гидролиза — менее 0,05 %.

Для безлактозного йогурта продолжительность ферментации увеличилась в сравнении с классическим продуктом на 2 ч (рис. 1), для простокваши — практически не изменилась. Отличий в вязкости между безлактозным и традиционным йогуртом не наблюдалось. Вязкость безлактозной простокваши была на 24 % выше, чем у классического аналога (см. таблицу).

Прочность сгустка безлактозного йогурта была на 19 % выше, чем традиционного, а безлактозной простокваши — на 27 %, чем классической простокваши (рис. 2). Титруемая кислотность безлактозных продуктов практически не отличалась от показателей классических версий.

Отмечено снижение количества *L. bulgaricus* и *S. theromphilus* в безлактозном йогурте и одинаковое количество *S. thermophilus* в безлактозной и классической простокваше (см. таблицу).

Таким образом, ферментативный гидролиз лактозы незначительно влияет на физико-химические свойства продуктов. Наибольшие изменения коснулись продолжительности ферментации безлактозного йогурта и вязкости безлактозной простокваши, которые увеличились по сравнению с показателями традиционных продуктов. Более заметно влияние гидролиза лактозы на микробиологические показатели йогуртов. Наблюдался ингибирующий эффект на молочнокислые микроорганизмы и, как следствие, снижение числа жизнеспособных клеток *L. bulgaricus* и *S. thermophilus*, что предположительно связано с увеличением осмолярности безлактозного молока. Стоит отметить, что содержание молочнокислых бактерий в безлактозных продуктах соответствовало требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

Выявленные изменения безлактозных кисломолочных продуктов можно объяснить особенностями использованных штаммов молочнокислых бактерий, а также различиями физико-химических свойств гидролизованного молока. Для установления конкретных механизмов, влияющих на свойства продукта, необходимы дальнейшие исследования. Однако работа показывает, что из гидролизованного безлактозного молока можно получить йогурт и простоквашу, физико-химические и микробиологические показатели которых будут сходны с показателями традиционных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рожкова, И. В.** *Пробиотические микроорганизмы как фактор повышения здоровья/И. В. Рожкова, А. В. Бегунова// Молочная промышленность. 2020. № 7. С. 38–39.*
2. **Зобкова, З. С.** *Зависимость относительной биологической ценности кисломолочных напитков от вида заквасочных микроорганизмов/З. С. Зобкова// Молочная промышленность. 2020. № 8. С. 36–37.*
3. **Dekker, P. J.** *Lactose-free dairy products: market developments, production, nutrition and health benefits/P. J. Dekker, D. Koenders, M. J. Bruins// Nutrients. 2019. V. 11. № 3. P. 551.*
4. **Silanikove, N.** *The Interrelationships between Lactose Intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds/ N. Silanikove, G. Leitner, U. Merin// Nutrients. 2015. V. 7. № 9. P. 7312–7331.*
5. **Schmidt, C.** *Fermented milk products: effects of lactose hydrolysis and fermentation conditions on the rheological properties/ C. Schmidt [et al.]// Dairy Science and Technology. 2016. V. 96. № 2. P. 199–211.*
6. **Bianchini, C. B.** *Incorporation of uvaia (Eugenia pyriformis Cambess) pulp in yogurt: A promising application in the lactose-free dairy product market/ C. B. Bianchini [et al.]// Journal of Food Processing and Preservation. 2020. V. 44. № 10.*
7. **Yamamoto, E.** *Effect of lactose hydrolysis on the milk-fermenting properties of Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus 2038 and Streptococcus thermophilus 1131/ E. Yamamoto [et al.]// Journal of Dairy Science. 2021. V. 104. № 2. P. 1454–1464.*
8. **Крупенникова, В. Е.** *Определение динамической вязкости на ротационном вискозиметре Brookfield RVDVII+Pro/ В. Е. Крупенникова, В. Д. Раднаева, Б. Б. Танганов. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2011. – 48 с.*