

¹И. В. Подорожня, магистр технических наук;

²С. С. Ветохин, кандидат физико-математических наук, доцент

¹ООО «Приборостроительный завод Оптрон», г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЙОГУРТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУХИХ ЗАКВАСОК В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Анализировались результаты исследований некоторых физико-химических показателей ультрапастеризованного молока и йогуртов, полученных в лабораторных условиях с использованием белорусской и зарубежной сухих заквасок молочнокислых микроорганизмов. Кроме классических микроорганизмов закваски для изготовления йогуртов в состав зарубежной закваски дополнительно входили молочнокислая ацидофильная палочка и бифидобактерии.

Продемонстрированы графические результаты ферментации молочной смеси, приведшие к понижению температуры замерзания и pH, увеличению титруемой кислотности и удельной электропроводности.

Существенных различий в результате проведенной сравнительной оценки исследуемых физико-химических показателей йогуртов, приготовленных в лабораторных условиях из разных заквасок, не обнаружено.

Ключевые слова: закваска, йогурт, температура замерзания, титруемая кислотность, активная кислотность, удельная электропроводность, «активность воды», влажность.

¹I. V. Podorozhniaya, M. Sc. Engineering;

²S. S. Vetokhin, Ph. D. Physics and Mathematics, associate professor

¹Instrument-Making Factory Optron, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF YOGHURT MADE FROM STARTER CULTURES IN LABORATORY CONDITIONS

Abstract. The average results of freezing point, titratable and active acidities, conductivity, "water activity", density, moisture, nonfat milk solids of UHT drinking milk and yoghurt samples were analyzed. Yoghurt made from two types of starter cultures in laboratory conditions.

Decrease of the freezing point and pH; increase titratable acidity and conductivity in milk fermentation were demonstrated.

Significant differences between physical and chemical properties of yoghurts made from two types of starter cultures not found.

Keywords: starter cultures, yoghurt, freezing point, titratable acidity, active acidity, conductivity, "water activity", moisture.

Йогурт является одним из самых популярных и любимых многими кисломолочным продуктом. Ассортимент выпускаемых йогуртов весьма широк и разнообразен. Классический натуральный йогурт получают при сквашивании молока с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ закваской, состоящей из термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской молочнокислой палочки [1–4].

Для обогащения в йогурты могут вноситься как совместно, так и по отдельности:

пробиотические микроорганизмы – бифидобактерии (*Bifidobacterium*), молочнокислая ацидофильная палочка и (или) другие пробиотические микроорганизмы;

пищевые биологически активные вещества (витамины, витаминные комплексы (премиксы), макро – и микроэлементы, пищевые волокна, пребиотики);

пищевкусовые компоненты (ароматизаторы, немолочные компоненты: сахар, фруктовые наполнители и т. п.) [3, 4].

Обогащенные и даже натуральные йогурты без пищевкусовых компонентов не всегда отвечают пожеланиям части потребителей, которые в силу разных причин отдают предпочтение йогуртам, приготовленным в домашних условиях с помощью сухих заквасок или готового кисломолочного продукта. В последнем случае качество и безопасность полученного в домашних условиях кисломолочного продукта не гарантирована по причине роста и развития не только полезных микроорганизмов, которых иногда в используемом для перезаквашивания продукте недостаточно, но и нежелательной микрофлоры. Употребление такого продукта может привести к тяжелым отравлениям и токсикоинфекциям. Использование качественного молока, стерильной посуды и закваски с конкретными микроорганизмами позволяет без риска для здоровья приготовить полезный кисломолочный продукт.

В настоящее время в продаже большинства крупных продуктовых магазинов появились сухие бактериальные закваски молочнокислых микроорганизмов для приготовления различных кисломолочных продуктов в домашних условиях. Существует большое количество разновидностей заквасок для йогурта, отличающиеся наборами видов молочнокислых бактерий, входящих в их состав. Производители осуществляют выбор комбинаций стартерных культур заквасок для получения готового продукта желаемых вкуса и консистенции; времени и температурного режима приготовления; диетических и лечебно-профилактических свойств.

В общем способ приготовления йогурта в домашних условиях довольно прост. Это внесение одного пакетика сухой закваски в 1–3 л подготовленного молока температурой от 37 до 43 °С, находящегося в чистой емкости; сквашивание полученной смеси в теплом месте в течение 5–8 ч до образования густой консистенции; охлаждение продукта в холодильнике (2–3 ч). Стоит отметить, что изготовителями заквасок не предусмотрено внесение дополнительных веществ для получения конечного кисломолочного продукта с повышенным

содержанием сухих обезжиренных веществ молока, поэтому получаемый пищевой продукт правильнее называть не «йогурт», а «йогуртный продукт». Мы собирались приготовить не именно йогурт, обладающий повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока, а провести сквашивание подготовленного молока согласно инструкциям изготовителей заквасок. По тексту работы нами использован термин «йогурт».

Данные о физико-химических показателях кисломолочных продуктов, приготовленных в домашних или лабораторных условиях, в литературных источниках представлены недостаточно.

Целью данной работы являлось определение расширенного набора физико-химических характеристик йогуртов, полученных в лабораторных условиях из сухих заквасок двух производителей, и их сравнительный анализ.

Отечественное ультрапастеризованное питьевое коровье молоко 2,5 %-ной жирности и объемом 1000 мл в пластиковых бутылках перед внесением закваски подогревалось на водяной бане и имело температуру от 37 до 40 °С. Используются две партии ультрапастеризованного молока (по 4 бутылки в каждой партии: в 2 бутылки вносили отечественную закваску, в остальные – иностранную). Приготовление йогуртов в лабораторных условиях проводилось путем ферментации ультрапастеризованного молока в потребительской таре с применением следующих сухих заквасок молочнокислых микроорганизмов:

отечественной (*Streptococcus salivarius subsP. thermophiles*, *Lactobacillus bulgaricus*), изготовленной РУП «Институт мясо-молочной промышленности», с дозой внесения 0,7 г (не менее 10^9 КОЕ/г);

иностранной (*Streptococcus thermophiles*, *Lactobacillus delbrueckii ssP. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*), изготовленной ООО «ВИВО-АКТИВ» (Украина), с дозой внесения 0,5 г (не менее $2 \cdot 10^{10}$ КОЕ/г).

Температура культивирования – 37 °С, продолжительность – до получения одинаковых значений двух последовательных измерений титруемой кислотности хотя бы у одного из параллельных образцов (в одной партии сухой закваски).

Каждый пакетик / флакон сухой закваски пятикратно ополаскивался используемым ультрапастеризованным молоком с возвращением полученной смеси обратно в бутылку. Проводилось параллельное приготовление йогуртов из двух пакетиков / флаконов сухой закваски каждой из двух различных партий, приобретенных в торговой сети Минска.

При отборе образцов молочной смеси содержимое бутылок тщательно перемешивалось (в закрытом состоянии), в том числе при образовании сгустка; закрытые бутылки возвращались в термостат. Все действия с молоком и закваской старались осуществлять, максимально избегая обсеменения сквашиваемого молока микроорганизмами извне. ♦

Вследствие ничтожно малого воздействия на измеряемые физико-химические показатели нами не исследовалось влияние жирности и белка готовых кисломолочных продуктов [5].

Температуру замерзания молочных продуктов определяли криоскопическим методом с помощью миллиосмометра-криоскопа термоэлектрического МТ-5-01 (Буревестник, СПб.) по [6]. Удельную электропроводность измеряли настольным кондуктометром HI 2300 (HANNA Instruments, ФРГ) с автоматической температурной компенсацией (25 °С). Активную кислотность молочных продуктов определяли рН-метром милливольтметром рН-150М (РБ), а титруемую кислотность – по [7]. Плотность молока устанавливали по [8]. Измерения доли содержания сухих в образцах вели ускоренным методом влагомером Radwag (Польша) с использованием высушенной фильтровальной бумаги. При этом был выбран стандартный профиль работы с температурой сушки 125 °С и автоматическим выключением при падении скорости потери массы ниже 1 мг за 120 с.

Долю свободной воды определяли путем измерения показателя «активность воды» (a_w) методом точки росы на охлаждаемом зеркале прибором Roremeter RM-10 10 (NAGY Messsysteme GmbH, ФРГ). Данный экспресс-метод не позволяет проводить измерения непосредственно в жидких образцах. Поэтому для его измерения в жидкостях ими пропитывают стандартную матрицу (инертный пористый наполнитель – целлит). В настоящее время имеется несколько видов целлита, производство которого является энергоемким процессом, что обуславливает его высокую стоимость. Поэтому в соответствии с рекомендациями [9–11] вместо целлита в качестве инертной матрицы нами применялась измельченная фильтровальная бумага. Измерения проводились при температуре окружающей среды 25 ± 1 °С, при которой подготовленные образцы выдерживались не менее 1 ч до начала измерений.

Массовую долю сухого обезжиренного вещества молока рассчитывали как разность между массовой долей сухого вещества и массовой долей жира, указанного на потребительской таре готового ультрапастеризованного молока.

Исследования проводились в трех-пятикратной повторности. Результаты обрабатывались методами расчета статистической достоверности измерений с использованием программ Microsoft Excel.

Информация, указанная производителем на маркировке потребительской тары питьевого ультрапастеризованного коровьего молока, приведена в табл. 1. Полученные в ходе эксперимента графические зависимости температуры замерзания, титруемой кислотности, рН и удельной электропроводности молочной смеси в процессе ферментации представлены на рис. 1–4.

В табл. 2 приведены средние значения некоторых физико-химических показателей ультрапастеризованного питьевого коровьего молока в каждой потребительской таре (бутылке) перед внесением сухой закваски, а в табл. 3 – средние значения данных показателей йогуртов, изготовленных в лабораторных условиях, при достижении одинаковых значений титруемой кислотности между двумя последовательными измерениями у хотя бы одного из параллельных образцов.

Таблица 1. Некоторые сведения, содержащиеся в маркировке ультрапастеризованного молока, используемого для приготовления йогуртов

Сведения	Значения
Массовая доля белка, %	3,0
Массовая доля жира, %	2,5
Массовая доля углеводов, %	4,7
Энергетическая ценность, ккал	53,3
Срок годности, сут	15
Обозначение ТНПА	ТУ ВУ 200030514.085

Измерения влажности, содержания СОМО и доли свободной влаги при ферментации молочной смеси не проводили, так как образцы находились в закрытом состоянии, что препятствовало изменению данных показателей.

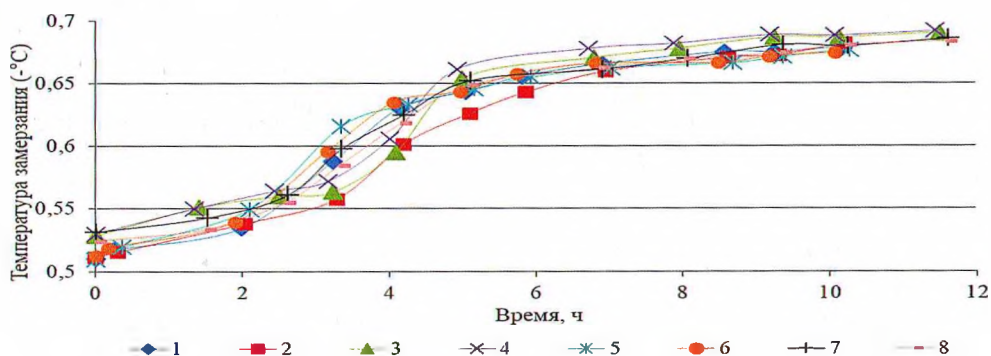


Рис. 1. Изменение температуры замерзания молочной смеси при культивировании

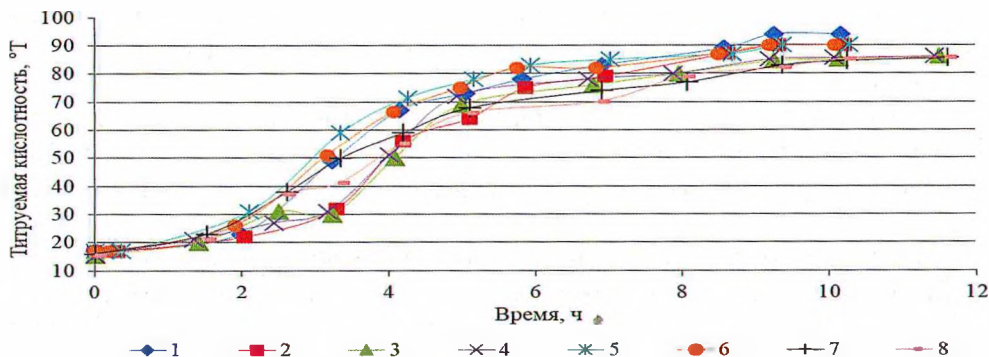


Рис. 2. Изменение титруемой кислотности молочной смеси при культивировании

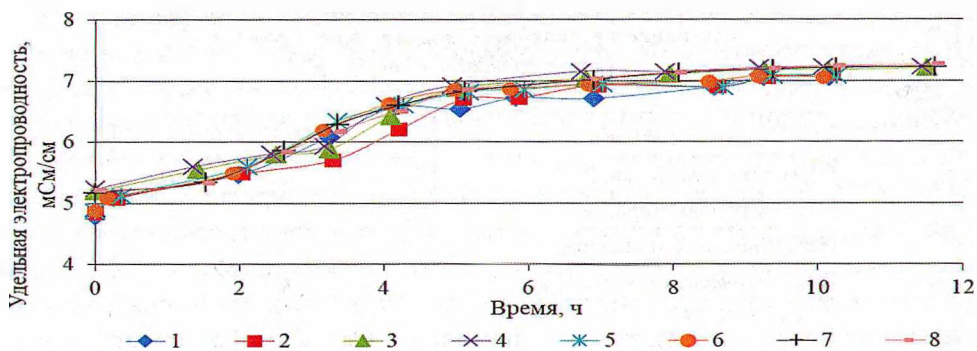


Рис. 3. Изменение удельной электропроводности молочной смеси при культивировании

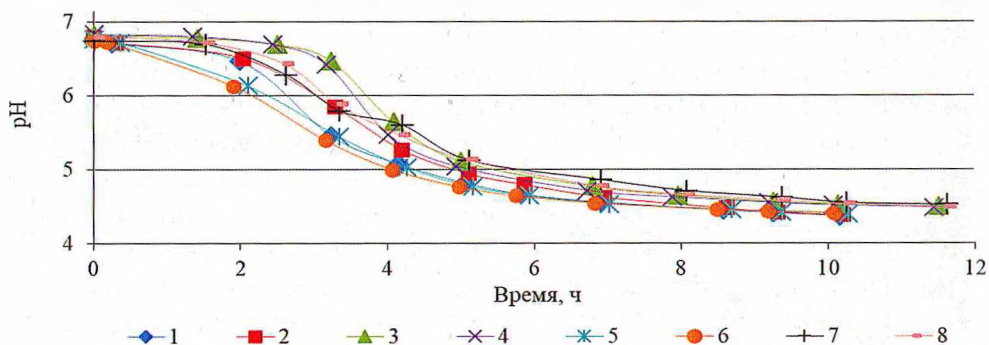


Рис. 4. Изменение активной кислотности молочной смеси при культивировании

Полученные данные показывают, что биохимически обработанное молоко по сравнению с сырым обладает пониженными значениями pH и температуры замерзания и повышенными – у титруемой кислотности и удельной электропроводности. Это объясняется увеличением концентрации ионов в молоке вследствие накопления молочной и других кислот, спиртов, диоксида углерода и т. д. в результате брожения [4, 5].

Продолжающиеся изменения температуры замерзания и удельной электропроводности свидетельствуют о большей чувствительности приборов к накоплению иных продуктов брожения, слабо влияющих на кислотность продукта.

В целом, несмотря на различия в скорости ферментации молочной смеси и видового количества применяемых молочнокислых микроорганизмов заквасок, полученные кривые изменений исследуемых показателей схожи. Различия в полученных значениях физико-химических показателей йогуртов в конце сквашивания обусловлены в большей степени составом исходного ультрапастеризованного молока.

Таблица 2. Средние значения физико-химических показателей молока ультрапастеризованного до внесения закваски

Показатель	Номер образца							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Страна изготовителя закваски	Республика Беларусь	Республика Беларусь	Республика Беларусь	Республика Беларусь	Украина	Украина	Украина	Украина
Обозначение партии используемого молока	I	I	II	II	I	I	II	II
Время сквашивания, ч	0	0	0	0	0	0	0	0
Температура замерзания, °С	-0,510±0,008	-0,511±0,008	-0,529±0,009	-0,530±0,008	-0,510±0,009	-0,513±0,009	-0,532±0,008	-0,524±0,008
Титруемая кислотность, °Т	17,0±0,5	17,0±0,5	15,5±0,5	15,5±0,5	17,0±0,5	17,0±0,5	16,0±0,5	15,5±0,5
Удельная электропроводность, мСм/см	4,79±0,05	4,84±0,05	5,20±0,05	5,24±0,05	4,87±0,05	4,88±0,05	5,18±0,05	5,21±0,05
pH	6,77±0,07	6,79±0,07	6,82±0,07	6,83±0,07	6,76±0,07	6,74±0,07	6,74±0,07	6,80±0,07
d_w	0,912±0,019	0,981±0,020	0,932±0,034	0,943±0,019	0,983±0,020	0,999±0,035	0,999±0,022	0,914±0,037
Плотность, кг/м ³	1030,4±0,5	1030,3±0,5	1028,3±0,5	1028,8±0,5	1030,3±0,5	1030,3±0,5	1029,0±0,5	1028,3±0,5
Содержание влаги, %	89,21±0,36	89,14±0,23	89,48±0,17	89,46±0,09	89,11±0,07	89,44±0,08	89,37±0,21	89,53±0,10
СОМО, %	8,29±0,36	8,36±0,23	8,02±0,16	8,04±0,08	8,39±0,05	8,06±0,06	8,13±0,20	7,97±0,09

Таблица 3. Средние значения физико-химических показателей йогуртов, приготовленных в лабораторных условиях, в конце сквашивания

Показатель	Номер образца							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Время сквашивания, ч	10,15	10,20	11,50	11,43	10,27	10,07	11,62	11,58
Температура замерзания, °С	-0,679±0,014	-0,682±0,008	-0,691±0,009	-0,692±0,008	-0,677±0,008	-0,675±0,009	-0,686±0,009	-0,684±0,009
Титруемая кислотность, °Т	94,0±0,5	90,0±0,5	86,0±0,5	86,0±0,5	90,0±0,5	90,0±0,5	85,5±0,5	85,5±0,5
Удельная электропроводность, мСм/см	7,06±0,07	7,10±0,07	7,21±0,07	7,22±0,07	7,08±0,07	7,06±0,07	7,23±0,07	7,26±0,07
pH	4,36±0,04	4,38±0,04	4,50±0,05	4,48±0,05	4,40±0,04	4,41±0,04	4,52±0,05	4,49±0,04

Список использованных источников

1. О безопасности молока и молочной продукции : ТР ТС 033/2013. – Введ. 01.05.2014 (введ. впервые). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 108 с.
2. Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения : СТБ 2530–2018. – Введ. 01.02.2019 (взамен СТБ 1744-2007, СТБ 1748-2007). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 31 с.
3. Йогурты. Общие технические условия : СТБ 1552–2017. – Введ. 01.10.2017 (взамен СТБ 1552–2012). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 27 с.
4. Тамим, А. Й. Йогурт и другие кисломолочные продукты: научные основы и технологии / А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон ; пер. с англ. ; под науч. ред. Л. А. Забодаловой. – СПб. : Профессия, 2003. – 664 с.
5. Тёпел, А. Химия и физика молока / А. Тёпел ; пер. с нем.; под ред. С. А. Фильчаковой. – СПб. : Профессия, 2012. – 832 с.
6. Молоко. Определение точки замерзания. Термисторный криоскопический метод: ГОСТ 30562-97 (ИСО 5764-87). – Введ. 01.07.1999 (введ. впервые). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 12 с.
7. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности : ГОСТ 3624-92. – Введ. 01.01.94 (взамен ГОСТ 3624–67). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 12 с.
8. Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности : ГОСТ 3625-84. – Введ. 01.07.85 (взамен ГОСТ 3625-71). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 15 с.
9. Изучение влияния условий измерений на величину активности воды / Ветохин С. С. [и др.] // Тр. БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – Вып. XVIII. – С. 248–251.
10. Изучение активности воды в жирных молочных продуктах (заключит.): отчет о НИР / Белорус. гос. технол. ун-т ; рук. С. С. Ветохин. – Минск, 2010. – 69 с. – № ГР 20091078.
11. Ветохин, С. С. Инертные наполнители при измерении активности воды / С. С. Ветохин, И. В. Подорожня, И. В. Ненартович // Тр. БГТУ. – 2013. – № 4 (160) : Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – С. 72–74.