

УДК 637. 146. 2

ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СГУСТКА ЙОГУРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАБОТАННОЙ ЗАКВАСКИ

Мидуница Ю.С.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»,
Кемерово, e-mail: Ylechka13@rambler.ru

Исследования посвящены изучению скорости образования сгустка современного молочнокислого продукта – йогурта. В состав исследуемого продукта входят микроорганизмы двух типов: болгарская палочка и термофильный стрептококк. Эти микроорганизмы расщепляют моносахариды с образованием молочной кислоты по гомоферментативному механизму. В качестве активирующего воздействия предлагается использовать электромагнитное поле с частотой 2,45 ГГц. Активация микроорганизмов проводилась прямым воздействием микроволн. Аналитический контроль осуществлялся по известным стандартным методикам. Обсуждены результаты исследований и выдвинута гипотеза ускорения активного транспорта за счет возможного накопления дополнительной энергии в системе АТФ: полученная дополнительная энергия расходуется на активный транспорт питательных веществ и воды через мембрану с помощью белков-переносчиков. Предложен механизм ускорения и второго пассивного типа переноса веществ, необходимых для жизни микроорганизмов. Установлено снижение продолжительности времени технологического цикла йогурта на 25%.

Ключевые слова: йогурт, болгарская палочка, термофильный стрептококк, оптимизация технологии производства, микроволновое воздействие, активный транспорт, пассивный транспорт, белки-переносчики

STUDY OF THE RATE OF CLOT FORMATION YOGHURT WITH USE OF TREATED STARTERS

Midunitsa Y.S.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, e-mail: Ylechka13@rambler.ru

The given investigation is devoted to the study of the rate of clot formation of modern fermented product – yoghurt. The composition of this product includes microorganisms of two types: *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. These organisms split monosaccharides with the formation of lactic acid according to the homofermentative mechanism. It is proposed that the electric and magnetic field with frequency of 2,45 GHz is used as the activating action. The activation of microorganisms has been carried out with the direct action of microwaves. The analytical control has been conducted according to the well-known standard methods. The investigation results have been discussed and the idea of accelerating the active transport by means of possible accumulation of additional energy in ATF system has been suggested: the additional energy obtained is spent for the active transport of nutrients and water through the membrane with the help of proteins-carriers. The acceleration mechanism of the second passive type of substance transfer has been suggested which is necessary for the life of microorganisms. It has been stated that the time duration of the technological cycle of yoghurt has been reduced by 25%.

Keywords: yoghurt, *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, optimization of production technology, microwave action, active transport, passive transport, proteins-carriers

Йогурт – это современный, популярный и полезный молочный десерт, производство которого ежегодно увеличивается. Изучение свойств этого продукта началось в 1905 году в Болгарии. Именно эта страна считается родиной современного йогурта, где впервые был описан состав йогуртной закваски. Значимый вклад в популяризацию болгарского напитка и в изучению его полезных свойств внес русский ученый И.И. Мечников (лауреат Нобелевской премии 1908 года). Он доказал, что крепким здоровьем и долгими годами жизни жители Кавказа и Болгарии обязаны кисломолочным продуктам, в частности йогурту [5].

С микробиологической точки зрения йогурт – это уникальный продукт, в состав микрофлоры которого входят в определенном соотношении болгарская палочка (*Lactobacillus bulgaricus*) и термофильный стрептококк (*Streptococcus thermophilus*). *Lactobacillus bulgaricus* является пробиоти-

ческой бактерией. Энергию экзотермического процесса ($\Delta H < 0$) микроорганизмы получают в результате гомоферментативного молочнокислого брожения, идущего по суммарной реакции [3]:



При этом болгарская палочка синтезирует пептидогликангидролазу – специфический фермент, ответственный за гидролиз пептидогликана, необходимого для микробиологического процесса. Известно, что он является важным компонентом клеточной стенки бактерий, а также продуцирует внеклеточные полисахариды, которые улучшают структуру, повышают стабильность и предотвращают синерезис йогурта [5]. Наглядная структура болгарской палочки представлена на рис. 1.

Второй необходимый микробиологический составляющий компонент – это термофильный стрептококк, который является

растительным пробиотиком. Под действием ферментов, выделяемых стрептококком, происходит сбраживание лактозы с образованием молочной кислоты. Молочная

кислота уничтожает бактерии, которые являются причиной гниения пищи в толстой кишке. Наглядная структура термофильного стрептококка представлена на рис. 2 [3].

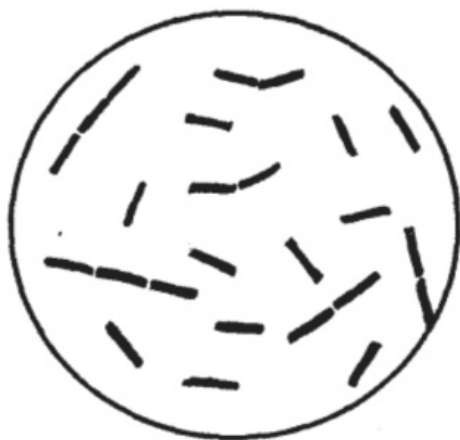


Рис. 1. Болгарская палочка

Помимо содержащихся в нем белков, ферментов, минеральных солей йогурт насыщен витаминами D и B₁₂, которые необходимы детям в период интенсивного роста. Американскими учеными установлено, что этот продукт усиливает борьбу организма с грибковыми инфекциями.

В настоящее время в России выпускают различные виды йогуртов. При его производстве используется специальная закваска, которая обеспечивает продукту необходимый вкус, запах, консистенцию. Сущность технологии производства йогурта заключается в том, что в пастеризованное, предварительно подготовленное молоко вносится специальная микробиологическая закваска. Несмотря на то, что время получения йогурта невысокое (4 часа) по сравнению со временем производства кефира (8–10 часов), проблема увеличения скорости производства кисломолочных продуктов является актуальной.

Нами в качестве активирующего воздействия предлагается применение микроволн (МВ), которые в настоящее время широко используются в различных отраслях промышленности (сельское хозяйство, экология, производство пищевых продуктов, получение целлюлозно-бумажной продукции и др.) [8]. При этом особое внимание уделяется воздействию МВ на микроорганизмы разного уровня биологической организации. Найдено, что микроволновое воздействие (микронизация) при определенных энергетических параметрах оказывает стимулирующее действие на жизнедеятельность микроорганизмов [4].

Целью работы является определение особенностей процесса производства йо-



Рис. 2. Термофильный стрептококк

гурта с использованием микробиологической закваски, предварительно обработанной микроволнами.

Материалы и методы исследований

В качестве источника микроволн применялась доступная и простая в эксплуатации бытовая микроволновая печь «Samsung» с частотой колебаний 2,45 ГГц. Выбор такой фиксированной частоты колебаний микроволн объясняется тем, что энергия микроволн с такой частотой совпадает с энергией колебаний молекул воды, которые при микронизации совершают интенсивные колебательные движения, передаваемые стенкам клеточных мембран. При этом наблюдается эффект резонанса.

Проведены сравнительные исследования по получению йогурта с использованием исходных заквасок и заквасок, активированных микроволнами. Результаты исследований представлены в виде графиков (рис. 3, 4).

Приготовление исходного образца без предварительной микронизации

Методика эксперимента

Для приготовления йогурта использовалась закваска прямого внесения компании Chr. Hansen Дания. В ее состав входит термофильная молочная культура, которая содержит *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*. В предварительно пропастеризованное и охлажденное до 43 °С молоко вносилась закваска. Через 4 ч после внесения закваски был получен йогурт с кислотностью 85 °Т. На рис. 3 представлена кривая кислотообразования молочного сгустка йогурта с использованием исходной закваски.

Из рис. 3 следует, что требуемая кислотность была достигнута за 4 часа (стандартное время технологического процесса получения йогурта). Кривая кислотообразования АБСД имеет несколько фаз роста, сменяющих друг друга в определенной последовательности: лаг-фазу (АБ), логарифмическую (БС) и стационарную (СД).

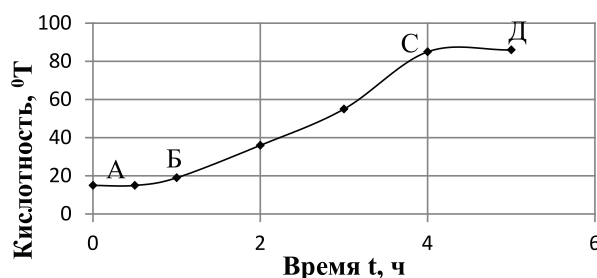


Рис. 3. Динамика кислотообразования сгустка с использованием исходной закваски без предварительной микронизации

Йогурт, приготовленный с помощью микронизированной закваски

Методика эксперимента

Для приготовления йогурта использовалась та же закваска прямого внесения, что и для исходного образца. Перед микронизацией сухая навеска закваски разбавлялась молоком в массовом соотношении 1:200. Данная система помещалась в стеклянную чашку Пе-

три с толщиной полученной влажной закваски 10 мм. Выбранная толщина слоя позволяла гарантированно обрабатывать микроволнами всю массу закваски, т.к. глубина проникновения волн не превышает 20 мм [7]. Время прямого воздействия – 4 с. При этом потребляемая удельная мощность составила 16 мВт/г. На рис. 4 представлена кривая кислотообразования сгустка с использованием микронизированной закваски.

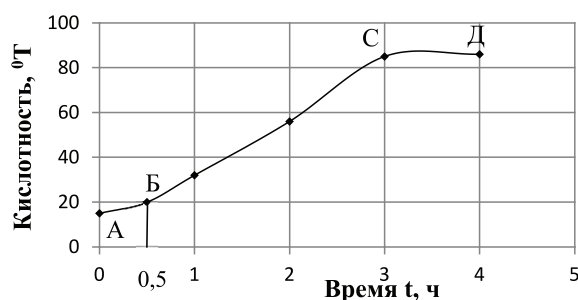


Рис. 4. Динамика кислотообразования сгустка с использованием микронизированной закваски

Из рис. 4 следует, что время приготовления йогурта с использованием микронизированной закваски составляет 3 часа, т.е. происходит сокращение общего времени получения йогурта на 1 час (25%). Отме-

чено сокращение времени каждой стадии микробиологического процесса. На основании эксперимента составлена таблица сравнительных данных по продолжительности основных микробиологических фаз.

Сравнительные характеристики продолжительности отдельных стадий получения йогурта (ч)

Тип закваски	Стадии микробиологического процесса		
	Лаг-фаза	Логарифмическая фаза	Выход на стационарную фазу
Исходная закваска	1	3	4
Микронизированная закваска	0,5	2	3

Из данной таблицы следует, что при использовании микронизированной закваски меняется продолжительность основных стадий микробиологического цикла; так, лаг-фаза, которая характеризуется достижением максимальной скорости деления клеток, сокращается в 2 раза по сравнению с исходной закваской. Логарифмическая фаза, характеризующаяся установившейся максимальной скоростью деления клеток, уменьшилась в 1,5 раза у обработанного образца, а время выхода на стационарную фазу сократилось на 1 час. Это объясняется специфическим влиянием микроволн на микробиологические процессы.

Результаты исследования и их обсуждение

Наблюдаемый положительный эффект воздействия микроволн в нетепловом режи-

ме их воздействия на биологические объекты можно объяснить, опираясь на ряд работ по микроволнам [4], первые из которых появились еще в 1966 году. Согласно научным данным, микроволны как вид электромагнитных волн, занимающих положение между радиоволнами и инфракрасным излучением, не оказывают ионизирующего воздействия на объект. Авторами этих статей установлено, что в основе стимулирующего воздействия на микроорганизмы лежит изменения в состоянии клеточных мембран. Ими предложен физический механизм воздействия микроволн низкой интенсивности на процессы транспорта ионов через

мембраны. Установлено влияние микронизации на структуру воды внутри и вне клетки.

В природе существует большое многообразие микроорганизмов с индивидуальными особенностями строения и метаболизма. Главными особенностями обмена веществ используемых нами молочнокислых бактерий является медленное протекание сложных биосинтетических процессов и зависимость их от целого ряда внешних факторов. Это объясняется особым строением клеточной мембраны, которая имеет толщину 7–10 мк и обладает полупроницаемыми свойствами. Через нее свободно проходят вода, питательные вещества и продукты обмена. Работа мембраны основана на реализации двух механизмов переноса веществ: пассивный и активный транспорт [2, 6]. Пассивный транспорт проявляется в виде диффузии воды и некоторых ионов через поры. Под действием электромагнитного поля за счет колебаний среды возможно дополнительное раскрытие пор на их большее сечение, что увеличивает скорость подачи веществ через мембрану. Активный транспорт происходит за счет белков-переносчиков и энергии АТФ. При этом известно, что энергетическая эффективность процессов, происходящих в молекуле АТФ, составляет 40% [1].

Поэтому мы считаем, что под действием электромагнитного поля, используемого нами, за счет колебаний среды и мембраны возможно увеличение скорости диффузионной передачи веществ через мембрану. Опираясь на современные представления о волновых процессах, можно предположить, что микроволны могут проникать внутрь клетки, менять структуру воды и увеличивать энергию АТФ, которая затрачивается на ускорение процессов обмена веществ через мембрану.

Наблюдаемое нами явление интенсификации микробиологического процесса сбраживания молока до йогурта подтверждает положительное влияние на него микроволн в нетепловой области воздействия и дополняет знания об особенностях протекания исследуемого микробиологического цикла с использованием микронизированной закваски.

Выводы

1. Установлено стимулирующее влияние микроволн с частотой 2,45 ГГц в режиме малой мощности на каждую отдельную стадию (лаг-, лог-, стационарную фазы) микробиологического процесса, используемого для сквашивания молока в йогурт.

2. Обсуждены и представлены возможные причины интенсификации процесса клеточного метаболизма: активизация активного и пассивного транспорта через мембрану веществ, воды и продуктов обмена, изменение структуры воды.

3. Показана практическая значимость работы – возможность снижения общей продолжительности микробиологического цикла получения йогурта на 1 ч (25%).

Список литературы

1. Гомоферментативное молочнокислое брожение: общие сведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://medbiol.ru/medbiol/microbiol/0004de95.htm> (дата обращения 02.03.2014).
2. Грецова Н.В. Описание воздействия микроволнового излучения низкой интенсивности на активный транспорт веществ через мембрану / Н.В. Грецова, М.В. Грецов, И.А. Ковалев // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2008. – № 4. – С. 16–23.
3. Гусев М.В. Микробиология: учебник для студентов биологических специальностей вузов / М.В. Гусев, Л.А. Минеева. – М.: Академия, 2006. – 464 с.
4. Денисова Т.В. Чувствительность и информативность показателей эколого-биологического состояния почв под влиянием электромагнитных полей / Т.В. Денисова, О.А. Капралова, А.А. Козина, К.С. Бабаян, А.Ю. Крапивина // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2011. – № 1. – С. 63–64.
5. Крусъ Г.Н. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусъ, А.Г. Храмов, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев. – М.: КолосС, 2004. – 180 с.
6. Никулин Р.Н. Метод учета воздействия внешнего СВЧ-излучения на пассивный транспорт ионов через мембраны // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2008. – № 4. – С. 9–15.
7. Промышленное применение СВЧ-нагрева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_59_323.pdf (дата обращения 02.03.2014).
8. Рахманулов Д.Л. Применение микроволнового излучения для сушки дерева и пиломатериалов / Д.Л. Рахманулов, С.Ю. Шавшукова, И.Н. Выхарева // Башкирский химический журнал. – 2008. – № 1. – С. 46–52.

References

1. Gomofermentativnoe molochnokisloe brozhenie: obshchie svedeniya (2014). Available at: <http://medbiol.ru/medbiol/microbiol/0004de95.htm> (assessed 2 March 2014).
2. Greceva N.V. Opisaniye vozdeystviya mikrovolnovogo izlucheniya nizkoj intensivnosti na aktivnyj transport veshhestv cherez membranu – Biomedicinskaja radioelektronika, 2008, no. 4, pp. 16–23.
3. Gusev M.V. Mikrobiologiya: uchebnik dlja studentov biologicheskikh special'nostej vuzov (Microbiology: textbook for students of biological professions schools). Moscow, 2006. 464 p.
4. Denisova T.V. Chuvstvitel'nost' i informativnost' pokazatelej jekologo-biologicheskogo sostojaniya pochv pod vlijaniem jektro-magnitnyh polej – Estestvennye nauki, 2011, no. 1, pp. 63–64.
5. Kruz' G. N. Tehnologija moloka i molochnyh produktov (Technology of milk and milk products). Moscow, 2004. 180 p.
6. Nikulin R.N. Metod ucheta vozdeystviya vneshnego SVCh-izlucheniya na passivnyj transport ionov cherez membranu – Biomedicinskaja radioelektronika, 2008, no. 4, pp. 9–15.
7. Promyshlennoe primenenie SVCh-nagrev (2014). Available at: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_59_323.pdf (assessed 2 March 2014).
8. Rahmanulov D. L. Primenenie mikrovolnovogo izlucheniya dlja sushki dereva i pilomaterialov – Bashkirskij himicheskij zhurnal, 2008, no. 1, pp. 46–52.

Рецензенты:

Захарова Л.М., д.т.н., профессор кафедры «Технология молока и молочных продуктов», ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», г. Кемерово;

Попов А.М., д.т.н., профессор кафедры «Прикладная механика», ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», г. Кемерово;

Сечин А.И., д.т.н., профессор, Федеральное агентство по образованию, НИУ РЭТ «Томский политехнический университет», г. Томск.

Работа поступила в редакцию 21.03.2014.