

УДК 637.146:537.531

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КИСЛОМОЛОЧНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

Шевченко Т.В., Мидуница Ю.С., Захарова Л.М.

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

Исследования направлены на нахождение простых и доступных энергосберегающих технических приемов в производстве кефира. Таким приемом является действие на биологическую систему микроволн с частотой колебаний 2,45 ГГц. Использование микроволн активизирует закваску. Она работает более эффективно: уменьшается время производства молочнокислых продуктов, увеличивается длительность времени хранения полученной молочнокислой закваски. Эффект активации объясняется резонансным действием микроволн на клеточные мембраны. Они начинают совершать интенсивные колебания. При этом повышается скорость диффузионного переноса питательных веществ и воды. Активируются все микробиологические процессы. Выбранная частота колебаний микроволн резонансно действует и на молекулы воды. Вода структурируется. Она раскрывает поры клеточной мембраны на полное сечение и увеличивает прямой и обратный транспорт веществ. Биологическая система работает в более благоприятных условиях. Поэтому время выхода на стационарную фазу уменьшается, а время жизни активированной закваски увеличивается.

Ключевые слова: кисломолочные продукты, активированная закваска, кефирные грибки, микроволновое воздействие, резонансное воздействие, биологическая мембрана, структурированная вода, метаболизм, время выхода на стационарную фазу, время хранения активированной закваски

THE INFLUENCE OF MICROWAVE ACTION ON THE FERMENTED MICROORGANISMS

Shevchenko T.V., Midunitsa Y.S., Zaharova L.M.

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

The research is directed towards the search of simple and available energy-saving technical methods in kefir production. Such method is the action on the biological microwave system with oscillation frequency 2,45 gigahertz. The microwave usage promotes the starter. It works more effectively: the production time of fermented products is reduced, storage time of the produced fermented starter increases. The activation effect is explained by the resonance microwave action on the cell membranes. They begin to perform intensive oscillations. This increases the rate of diffusion transfer of nutrients and water. All microbiological processes are activated. The chosen frequency of microwave oscillations acts on water molecules. Water is structured. It opens the pores of cell membranes on total cross section and increases direct and reversed transport of substances. The biological system works in more favorable conditions. Therefore, the stationary phase time is reduced and the life time of the activated starter increases.

Keywords: fermented products, activated starter, kefir fungi, microwave action, resonance action, biological membrane, structured water, metabolism, stationary phase time, storage time of activated starter

В настоящее время в России из-за наличия социальных стрессовых ситуаций отмечается постоянное увеличение общей заболеваемости населения, повышение смертности, сокращение средней продолжительности жизни. Поэтому для компенсации их негативного воздействия необходимы доступные дополнительные меры по оздоровлению населения. Такой путь возможен за счет правильно подобранных продуктов питания, среди которых особую значимость имеют кисломолочные продукты, т.к. они содержат достаточное количество основных компонентов для полноценного питания (незаменимые аминокислоты; витамины А, D, Е; соли фосфора, кальция, магния и др.) [7].

В настоящее время интенсивно развивается производство молочнокислых продуктов с расширением ассортимента, повышением их качества, лечебных свойств и пищевой ценности. Однако, несмотря на высокую степень разработки технологических приемов их получения, продолжают исследования по интенсификации процесса производства

кисломолочной продукции с одновременным повышением ее качества [6].

Из ряда известных молочнокислых заквасок для получения молочнокислых продуктов наиболее широко применяются многокомпонентные симбиотические образцы. Для кефира и кумыса – это кефирные грибки, в состав которых входят мезофильные молочнокислые стрептококки (*Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*), ароматобразующие бактерии (*Leuconostoc citrovorum*, *Leuconostoc dextranicum*), молочнокислые палочки (*Lactobacillus casei*, *Streptobacterium*), уксуснокислые бактерии и дрожжи [1, 5].

Известно, что традиционной сырьевой составляющей для получения кисломолочных продуктов являются индивидуальные микробиологические закваски, обеспечивающие в продукте необходимый вкус, запах, консистенцию. Они должны иметь следующие технологические характеристики:

- ✓ время образования сгустка – 20 часов;
- ✓ допустимое время хранения при температуре 3–6°C – 24 часа.

Из этого следует, что закваски при своей высокой себестоимости имеют малый срок хранения и длительное время образования сгустка, т.е. являются недостаточно эффективными и недостаточно стабильными системами. Поэтому существует проблема увеличения их биологической активности и увеличения стабильности во времени. В настоящее время ведутся постоянные поиски активации молочнокислых заквасок с использованием реагентов – активаторов различной степени сложности и с применением различных физических воздействий. Нами в качестве активирующего воздействия предлагается микроволновая обработка заквасок с частотой микроволн 2,45 ГГц. Микроволновая технология и возможность ее использования для различных технологических процессов в химической промышленности, в сельском хозяйстве, в фармакологии, медицине и биологии интенсивно изучается. Наибольшие успехи в области микроволнового воздействия на микробиологические системы принадлежат академику Н.Д. Девяткову и его сотрудни-

кам, а также доктору биологических наук Т.В. Денисовой [2, 3].

Исходя из этого, целью работы является нахождение простых и доступных энергосберегающих технических приемов, позволяющих уменьшить время производства и увеличить длительность хранения молочной закваски.

1. Необработанные молочнокислые грибки

Методика эксперимента.

Для приготовления закваски использовались сухие кефирные грибки, которые перед экспериментом «оживлялись» по методике Н.С. Королевой [4]. Изучалась кинетика микробиологического процесса без микроволнового воздействия, представленная графически на рис. 1. Кривая кислотообразования АВСДЕ имеет несколько фаз роста, сменяющих друг друга в определенной последовательности: начальную или лаг-фазу (АВ), экспоненциальную, или логарифмическую, (ВС) фазу, стационарную фазу (СД) и фазу отмирания (ДЕ).

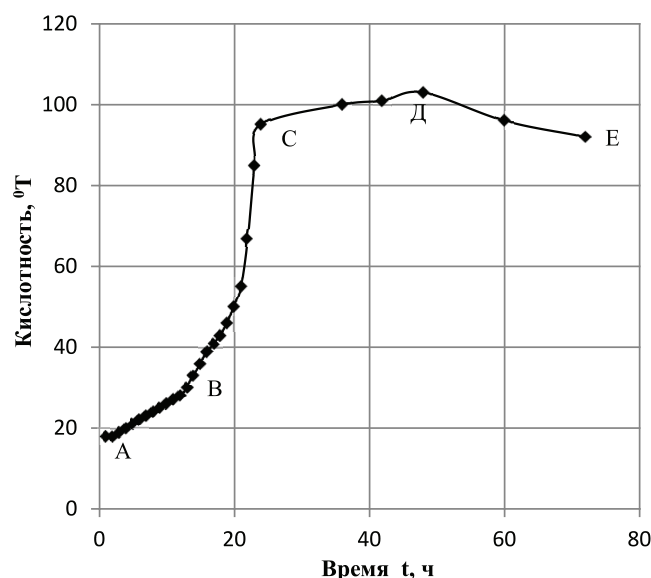


Рис. 1. Кинетика микробиологического процесса без микроволнового воздействия

Начальная фаза АВ (лаг-фаза) охватывает промежуток времени между посевом и достижением максимальной скорости деления, она длится ~ 14 ч и достигает кислотности 33 °Т.

Экспоненциальная (логарифмическая) фаза ВС характеризуется установившейся максимальной скоростью деления клеток и занимает промежуток от 15 до 24 ч (9 часов).

Стационарная фаза (СД) наступает тогда, когда явление нарастания числа клеток прекращается. Стационарная фаза

традиционно и в нашем эксперименте занимает промежуток времени от 36 до 48 ч (12 часов).

Фаза отмирания (ДЕ). Характеризует гибель клеток и занимает временной промежуток от 60 до 72 ч (12 часов). Известно, что время этой фазы определяется физиологическим состоянием микроорганизмов.

Результаты наблюдений можно дополнительно представить в виде временной траектории биологического цикла микроорганизмов (рис. 2).

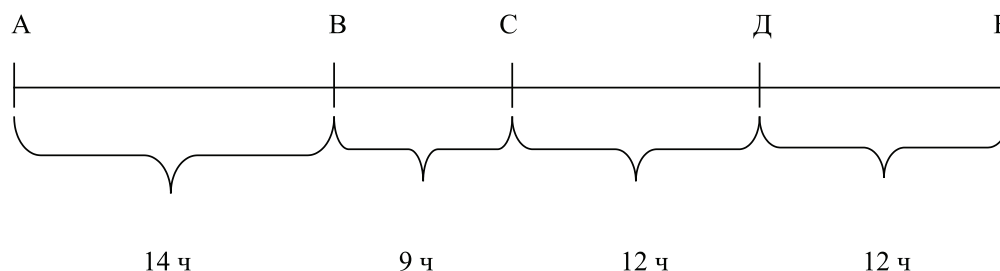


Рис. 2. Временная траектория биологического цикла необработанных микроорганизмов

Из рис. 2 следует, что подготовительные стадии цикла (лаг- и логарифмическая фазы) занимают половину времени всего биологического цикла – 24 часа. А основная стационарная фаза (продуктивный период) длится всего 12 часов. Полное отмирание происходит за 12 часов. Анализ длительности биологических стадий показал, что для повышения эффективности закваски необходимо сокращение времени подготовительных стадий и увеличение времени стационарной фазы при одновременном снижении скорости отмирания микроорганизмов.

2. Молочнокислые грибки, обработанные микроволнами

Известно, что микроволны – это поддиапазон радиоизлучения, примыкающий к инфракрасному, известные под названием сверхвысокочастотное (СВЧ) излучение

с наибольшей частотой волн от 1 до 300 мм. Микроволновые частоты находятся в диапазоне от 20 до 3 ГГц. В бытовых микроволновых печах выбрана частота 2,45 ГГц, что соответствует резонансной длине волны для воды, т.е. в этом диапазоне активируется молекула воды [3].

Методика эксперимента

Для приготовления закваски использовались сухие кефирные грибки, которые перед экспериментом так же «оживлялись» по методике Н.С. Королевой. Исследуемая навеска оживленных кефирных грибков подвергалась микроволновому воздействию в микроволновой печи в течение 4 секунд (оптимальное время эффективного воздействия, найденного нами ранее).

Полный цикл кинетики роста микроорганизмов в обработанной кефирной закваске представлен на рис. 3.

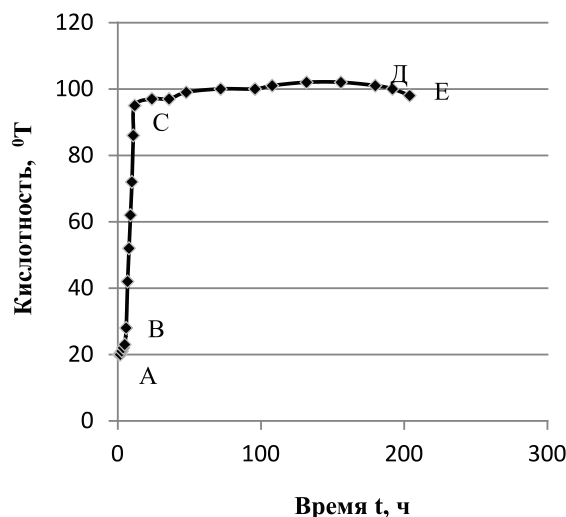


Рис. 3. Кинетика микробиологического процесса с использованием микроволнового воздействия

Из рис. 3 видно, что для обработанных кефирных грибков длительность их лаг-фазы (АВ) составляет 5 часов (вместо 14 ч без облучения), экспоненциальной фазы – 7 часов (вместо 9 ч без облучения), стационарной – 168 часов (вместо 12 часов без облучения), фазы отмирания – 24 часа (вместо 12 ч без облучения).

Результаты наблюдений можно представить также в виде временной траектории биологического цикла микроорганизмов на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что время существования лаг-фазы обработанных кефирных грибков меньше почти в 3 раза, чем у необработанных; продолжительность экспоненциальной фазы ниже в 1,5 раза; период ста-

ционарной фазы увеличился в 14 раз; время отмирания увеличилось в 2 раза. Время общего биологического цикла составило

204 часа по сравнению с 48 часами (необлученные кефирные грибки), т.е. увеличилось в 4 раза.

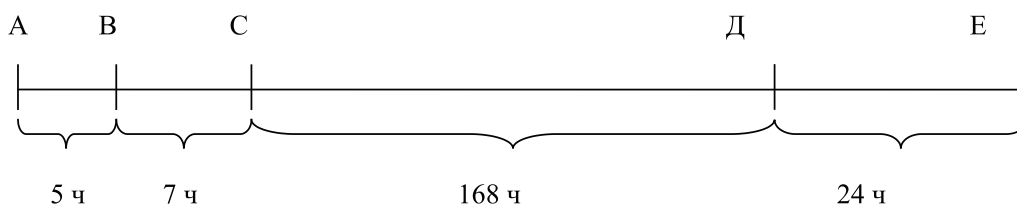


Рис. 4. Временная траектория биологического цикла обработанных микроорганизмов

Такой эффект от кратковременного микроволнового воздействия на биологические объекты согласно современным знаниям в области микроволновой теории [2, 3] объясняется специфическим действием этих волн на мембраны клеток: волны с частотой 2,45 ГГц резонируют с собственными колебаниями мембран. Амплитуда колебаний мембран увеличивается, повышенная колебательная энергия передается внутренней структуре клеток, повышая скорость биохимических реакций. Кроме того, выбранная частота колебаний микроволн (2,45 ГГц) является резонансной и для молекул воды, которые поглощая энергию волн, начинают совершать более сотни колебаний в секунду. Молекулы воды проходят сквозь поры мембран и раскрывают их на полное сечение, что способствует интенсивному проникновению питательных веществ внутрь клетки и выводу продуктов жизнедеятельности. При этом ускоряются транспортные процессы диффузии и осмоса. Кроме того, возможно структурирование воды внутри клетки, которое дополнительно ускоряет в ней микробиологические процессы. Процессы структурирования воды под действием микроволн описаны в ряде публикаций. Проведенные исследования доказали, что микроволновое воздействие на закваски является эффективным технологическим и энергосберегающим приемом, который может быть использован при производстве кисломолочных продуктов.

Выводы

1. Выявлено положительное влияние предварительного микроволнового воздействия на кисломолочные микроорганизмы (кефирные грибки). Установлено, что микроволновое воздействие на кефирные грибки изменяет кинетику их роста и соотношение между продолжительностью фаз биологического цикла при оптимальном времени и мощности облучения.

2. Установлено резкое (в 3 раза) сокращение длительности предварительных стадий и резкое увеличение (в 14 раз) основной продуктивной стадии. Это создает предпосылки для повышения производительности при производстве молочнокислых заквасок.

Список литературы

1. Гусев М.В. Микробиология: учебник для студентов биологических специальностей вузов / М.В. Гусев, Л.А. Минеева. – М.: Академия, 2006. – 464 с.
2. Денисова Т.В. Устойчивость ферментативной активности и численности микрофлоры разных почв юга России к воздействию переменного магнитного поля промышленной частоты / Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2008. – № 4. – С. 481–486.
3. Денисова Т.В. Влияние СВЧ-излучения в микробиологических исследованиях / Т.В. Денисова, С.И. Колесников // Известие вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2011. – № 5. – С. 72–74.
4. Королева Н. С. Основы микробиологии и гигиены молока и молочных продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 165 с.
5. Красникова Л. В. Микробиология. – СПб.: Троицкий мост, 2012. – 296 с.
6. Крусь Г.Н. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь, А.Г. Храмов, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев. – М.: КолосС, 2004. – 180 с.
7. Твердохлеб Г.В. Технология молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Г.Ю. Сажинов, Р.И. Раманаскас. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 616 с.

References

1. Gusev M.V. Mikrobiologija: uchebnik dlja studentov biologicheskikh special'nostej vuzov (Microbiology: textbook for students of biological professions schools). Moscow, 2006. 464 p.
2. Denisova T.V. Ustojchivost' fermentativnoj aktivnosti i chislennosti mikroflory raznyh pochv juga Rossii k vozdeystviyu peremennogo magnitnogo polja promyshlennoj chastoty – Radiojekoologija, 2008, no. 4, pp. 481–486.
3. Denisova T.V. Vlijanie SVCh-izluchenija v mikrobiologicheskikh issledovanijah – Estestvennye nauki, 2011, no. 5, pp. 72–74.
4. Koroleva N.S. Osnovy mikrobiologii i gigieny moloka i molochnyh produktov. St. Peterburg, 1984. 168 p.
5. Красникова Л. В. Микробиология. – СПб.: Троицкий мост, 2012. – 296 с.
6. Krus' G. N. Tehnologija moloka i molochnyh produktov (Technology of milk and milk products). Moscow, 2004. 180 p.
7. Tverdohleb G. V. Tehnologija moloka i molochnyh produktov (Technology of milk and milk products). Moscow, 2006. 616 p.

Рецензенты:

Ульрих Е.В., д.т.н., профессор кафедры «Обогащение полезных ископаемых», ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово;

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

Работа поступила в редакцию 11.04.2014.