УДК 637.146.04

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОКИСЛЫХ ЗАКВАСОК

Мидуница Ю.С.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», Кемерово, Россия (650056, Россия, б-р Строителей, 47), e-mail: Ylechka13@rambler.ru

С помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2» изучены реологические свойства пищевых систем – молочнокислых заквасок для приготовления кефира. Кефирная закваска представляет собой сложную, многокомпонентную, симбиотическую систему с малым гарантированным сроком хранения. На основании кривых течения обработанных и необработанных кисломолочных заквасок определены величины напряжений сдвига для различных зон течения: упругих деформаций; пластического течения с наибольшей вязкостью; лавинного разрушения структуры; вязко-пластичного течения; ньютоновского течения с постоянной вязкостью предельно разрушенной структуры. Определяли пределы текучести: минимальный предел текучести θ_f, предел текучести по Бингаму – θ_B и максимальный предел текучести θ_{max}. Установлено, что для необработанных заквасок значения напряжений сдвига с течением времени возрастают, а для ее обработанных образцов эти характеристики меняются незначительно. Найденные величины напряжений сдвига могут служить критерием биологической активности.

Ключевые слова: закваска, структурно-механические свойства, реология, напряжения сдвига, кривые течения.

STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FERMENTED STARTERS

Midunitsa Y.S.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, Russia (650056, Kemerovo, Boulevard Stroiteley, 47), e-mail: Ylechka13@rambler.ru

The rheological properties of food systems - fermented starters for preparing kefir - have been investigated with the help of rotational viscosimeter "Rheotest-2". Kefir starter is a complicated multicomponent symbiotic system with a small assured storage life. On the basis of flow curves of treated and untreated fermented starters the shear stress values have been determined for different flow zones: plastic deformation; plastic flow of high viscosity; avalanche structural damage; viscoplastic flow; Newton flow with constant viscosity of the extremely damaged structure. The flow limits have been determined: minimum flow limit θf, Bingam flow limit – θB and maximum flow limit θmax. It has been stated that the shear stress values for untreated starters increase with the course of time but these characteristics change insignificantly for treated samples. The shear stress values found may serve as a criterion of the biological activity.

Keywords: starter, structural and mechanical properties, rheology, shear stress, flow curves

Введение

На деятельность нашего организма в современных условиях жизни негативно влияет ряд факторов: экологическая обстановка, стрессовые ситуации, неправильный режим питания, качество пищи, потребление антибиотиков и др. У большого количества людей на основании объективных систематических исследований выявлен дефицит витаминов, макро- и микроэлементов. Поэтому для компенсации внешних негативных воздействий необходимы доступные и простые методы постоянного оздоровления организма.

Известно, что активизировать защитные свойства организма и нормализовать его функции возможно при соблюдении рационального питания с использованием функциональных продуктов, обладающих лечебными свойствами. Среди таких пищевых систем особую ценность и значимость имеют кисломолочные продукты, а именно кисломолочные напитки (кефир, ряженка,

простокваша, кумыс и др.), систематическое потребление которых резко снижает последствия негативных воздействий [4]. Производство таких напитков основано на микробиологических процессах, для проведения которых необходимо потребление индивидуальных микробиологических заквасок, определяющих конечный тип продукта и его основные потребительские свойства. Эти закваски являются короткоживущими системами, т.е. имеют малый срок хранения. Так, продолжительность хранения используемой в настоящее время лабораторной и производственной кефирной закваски составляет 72 ч (при температуре 3-6 ^{0}С) или 24 ч (при температуре 8-10 ^{0}С). Это резко усложняет современный технологический производственный процесс. Поэтому актуальными задачами в молокоперерабатывающей промышленности являются задачи повышения стойкости заквасок и нахождение информативного аналитического контроля, определяющего их технологические свойства [2]. Целью работы является нахождение способов увеличения сроков хранения микробиологических заквасочных систем и определение возможности использования реологических методов исследования в качестве критерия их биологической активности.

Объекты, способы воздействия на них и методы исследований

Объекты исследований

Объектом исследования является симбиотическая кефирная закваска, полученная на основе пастеризованного молока и состоящая из разнородных биологических компонентов. Это сообщество микроорганизмов (различные виды стрептококков, дрожжи и уксуснокислые бактерии) способствуют смешанному (кисломолочному и спиртовому) брожению [5]. Для исследований были использованы два вида заквасок:

1 – стандартная закваска со сроками хранения 1 час и 168 часов (7 суток);

2 – стандартная закваска, обработанная микроволнами с частотой 2,45 Ггц со сроками хранения 1 час и 168 часов (7 суток).

Способ воздействия на закваску

В качестве основного интенсифицирующего фактора для микробиологических систем выбрана микроволновая обработка (микронизация), проведенная в нетепловом режиме. Такой нестандартный вид энергетического воздействия выбран неслучайно, т.к. в настоящее время имеется ряд работ, подтверждающих положительное влияние волновой энергии на природные клеточные организмы разного уровня организации [3]. Источником микроволн являлась бытовая микроволновая печь. Эффект повышения биологической активности на основании современных знаний может объясняться изменением структуры клеточной мембраны и усилением метаболизма в клетках. Это может способствовать изменению технологических свойств молочнокислой закваски.

Методы исследований

При получении пищевых продуктов происходит изменение различных свойств: физико-химических, биологических, органолептических, структурно-механических и других. В качестве основных методов исследований выбраны реологические методы исследований структурно-механических свойств. Они позволяют количественно оценить силы взаимодействия между частицами системы, указывают на изменение в ней внутренней организации [1]. Знание реологических параметров может дать возможность оценки качества заквасок и возможность целенаправленного изменения основных потребительских свойств получаемого конечного кисломолочного продукта в нужном направлении.

Для оценки измененных структурно-механических свойств проводились исследования на ротационном вискозиметре. Зависимости напряжения сдвига от скорости деформации исследуемых гелеобразных растворов заквасок измеряли на вискозиметре «Реотест-2» по известным методикам согласно инструкции на прибор. В эксперименте использовали цилиндрическую измерительную систему с соотношением диаметров цилиндров 0,94.

Скорость деформации изменялась в пределах от 0 до 450 $с^{-1}$. Заданное количество закваски (25 $см^3$) помещали в цилиндрическую ячейку, в которую плавно вводили цилиндр, а ячейку и цилиндр соединяли с измерительным прибором. Систему термостатировали в течение 10 мин. Образец закваски первоначально деформировали с максимальной скоростью (450 $с^{-1}$), а затем устанавливали необходимую скорость, начиная с минимальной. Отсчет проводили спустя 10 мин после включения соответствующей скорости при температуре 8-10 ^{0}С.

Реологические параметры определяли согласно графику на рисунке 1.

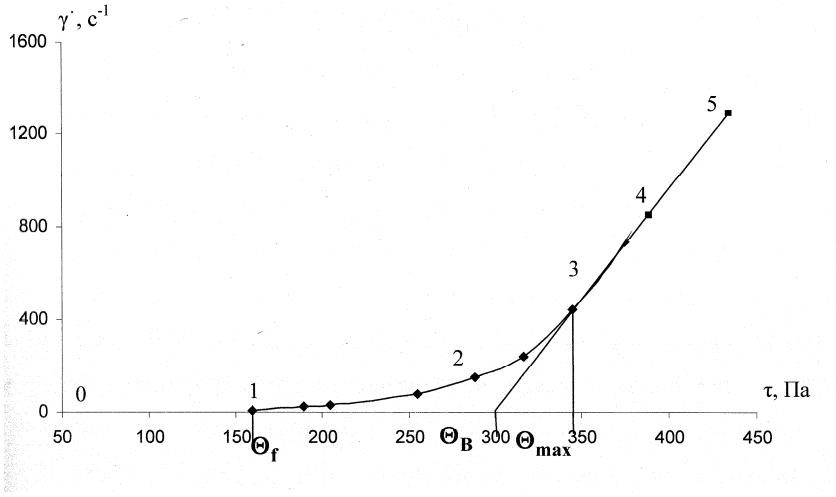

Рисунок 1. – Определение пределов текучести

1) 0-1 – зона упругих деформаций (характеризуется напряжением сдвига начала течения – θ_f);

2) 1-2 – зона пластического течения с наибольшей вязкостью;

3) 2-3 – зона лавинного разрушения структуры;

4) 3-4 – зона вязко-пластичного течения (характеризуется напряжением сдвига – θ_B);

5) 4-5 – зона ньютоновского течения с постоянной вязкостью предельно разрушенной структуры (характеризуется напряжением сдвига – θ_{max}).

Результаты реологических исследований представлены на рисунке 2.

Полученные кривые течения отображают законы поведения структурированных микробиологических материалов при воздействии на них изменяющейся деформации, т.е. представлены зависимости вида $\tau = f(\gamma)$, $\gamma = \varphi(\tau)$.

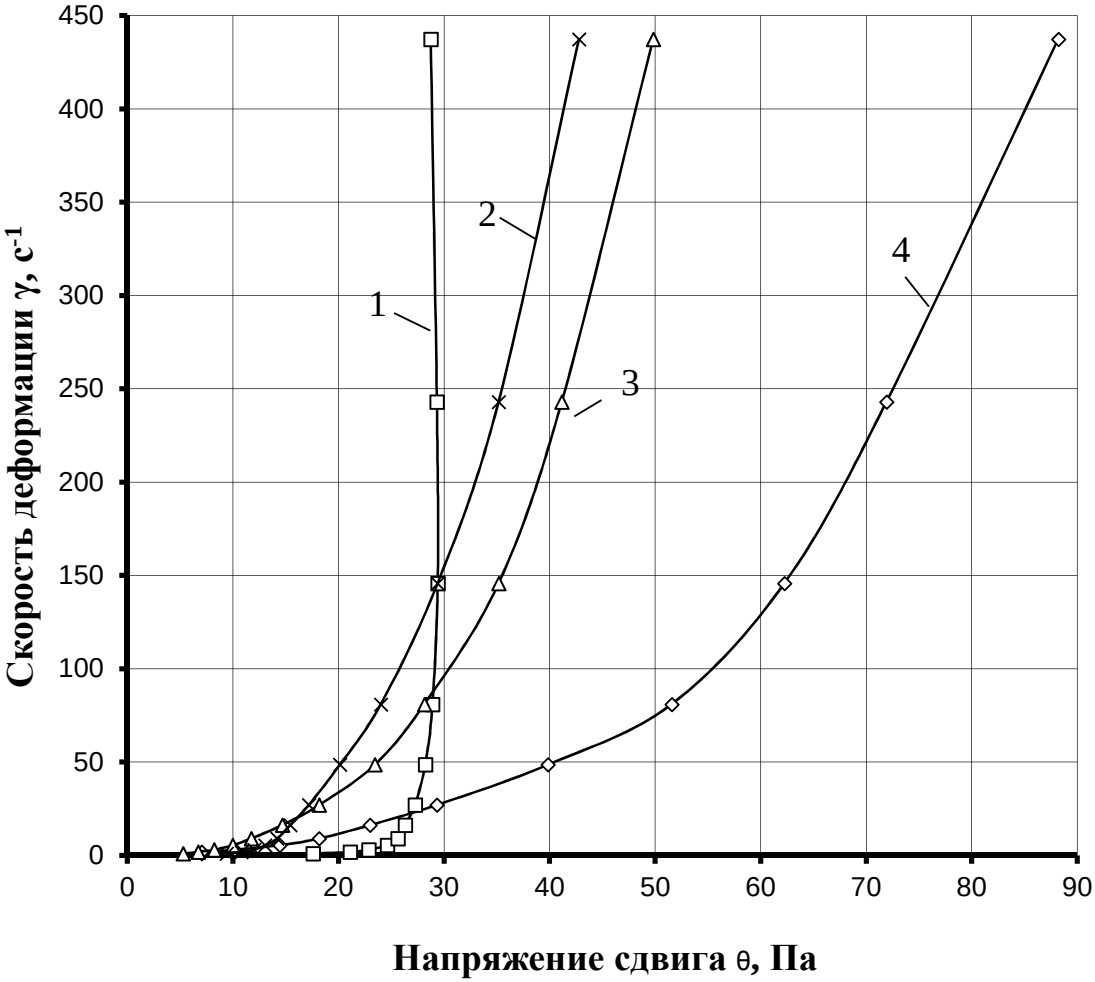

Рисунок 2. – Кривые течения заквасок: 1, 4 – необработанная свежеприготовленная закваска со сроками хранения 1 час и 168 часов соответственно; 2, 3 – обработанная закваска со сроками хранения 1 час и 168 часов соответственно.

Из рисунка 2. следует, что исследуемые объекты являются структурированными системами (кривые течения отклоняются от прямой), т.е. являются неньютоновскими жидкостями. Нами обнаружено изменение структурно-механических свойств исследуемой

биологической системы. Экспериментально установлено, что воздействие микроволн на закваску привело к изменению ее основных реологических свойств в процессе хранения.

Реологические характеристики заквасок представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Реологические характеристики заквасок

№ п/п	Вид образца	Время хранения, час	θ_f, Па	θ_B, Па	θ_{max}, Па
1	необработанная свежеприготовленная закваска	1	17	29	29
2	обработанная свежеприготовленная закваска	1	5	27	36
3	обработанная закваска	168	5	30	40
4	необработанная закваска	168	5	52	70

Из таблицы 1 следует, что наибольшие изменения реологических параметров наблюдаются для необработанных образцов. Закваски, обработанные микроволнами, сохраняли свои основные свойства.

Так, свежеприготовленная стандартная закваска (кривая 1) имеет слабое структурирование системы, т.е. при всех скоростях деформации (50 - 450 $с^{-1}$) основные виды напряжения сдвига равны между собой (θ_B = θ_{max} = 30 Па). При длительном хранении стандартной закваски (7 суток) ее физико-химические, биологические и реологические свойства резко изменились. При внешнем наблюдении зафиксировано увеличение вязкости, появление структуры и пластичности, при органолептической проверке обнаружено возникновение резкого кислого запаха, при микробиологических исследованиях – отсутствие биологической активности. На кривой течения 4 (рисунок 2) для закваски длительного хранения при скорости деформации от 0 до 450 $с^{-1}$ явно выражены изменения всех реологических зон: протяженность зоны упругих деформаций сократилась, величина θ_f уменьшилась в 3 раза; зона вязко-пластичного течения с наибольшей вязкостью расширилась – величина θ_B увеличилась в 1,8 раза; зона ньютоновского течения с постоянной вязкостью предельно разрушенной структуры расширилась – величина θ_{max} увеличилась в 2,4 раза.

Закваски свежеприготовленные и длительного хранения, обработанные микроволнами, имела иные реологические свойства, отличные от необработанных образцов. При явно выраженных всех зонах течения определяемые значения напряжений сдвига (θ_B, θ_f, θ_{max}) были близко друг к другу (таблица 1). При внешнем наблюдении зафиксировано практическое сохранение исходной вязкости, структуры и пластичности, при органолептической проверке не обнаружено возникновение кислого запаха, при микробиологических исследованиях – наличие высокой биологической активности.

Анализируя кривые течение (рисунок 2) и реологические характеристики (таблица 1), можно сделать предварительный вывод, что биологически активная кефирная закваска должна иметь определенную величину θ_B – около 30 Па. Это позволяет использовать структурно-механические свойства в качестве специального реологического сенсора.

Обсуждение результатов

Экспериментально доказано, что реологические свойства зависят от результатов деятельности биологических систем (от времени хранения). В стандартных необработанных образцах закваски наблюдается скоростное структурирование микробиологической системы, что можно объяснить резким снижением pH среды, т.е. повышением кислотности. Закваска, обработанная микроволнами, длительное время сохраняет значение pH среды, что указывает на разницу в скорости метаболизма в исследуемых образцах заквасок. Основным результатом воздействия микроволн является резкое (более чем в 4 раза) увеличение времени жизни микронизированной биологической системы с сохранением необходимой биологической активности и ее реологических свойств.

Выводы

1. Обработка закваски микроволнами стабилизирует и сохраняет реологические характеристики и биологическую активность закваски.
2. Реологические характеристики заквасок могут служить критерием пригодности закваски для производства (структурно-механический сенсор).

Список литературы

1. Косой В.Д. Инженерная реология биотехнологических сред / В.Д. Косой, Я.И. Виноградов, А.Д. Малышев. – Спб: ГИОГР, 2005. – 648 с.
2. Патент РФ № 2001123513/13, 10.10.2003.

Хамнева Н.И., Цыренов В.Ж., Гонгорова В.С. Способ получения закваски // Патент России № 2213461, 2005. Бюл. № 28.

3. Рахманкулов Д.Л. История изучения микроволн на живые организмы и окружающую среду. / Рахманкулов Д.Л., Шавшукова С.Ю., Вихарева И.Н. // История науки и техники. – 2008. - №5. – С. 3-14.
4. Роль кисломолочных продуктов в функциональном питании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.1001dieta.ru/nauch_stati7.htm (дата обращения 16.12.2013).
5. Твердохлеб Г.В. Технология молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Г.Ю. Сажинов, Р.И. Раманаускас. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 616 с.

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.

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