УДК 637.142/.143

Фам Тхи Хоан, В.И. Ганина, З.В. Волокитина, О.Н. Мороз

ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА С ФАСОЛЬЮ МУНГ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Проведены исследования органолептических, физико-химических, структурно-механических и микробиологических показателей кисломолочного продукта с растительным компонентом (фасоль мунг) при его хранении. Обоснован срок годности нового кисломолочного продукта.

Показатели качества, кисломолочный продукт, фасоль мунг, молочнокислые бактерии, эффективная вязкость.

Введение

В последнее время в производстве молочных продуктов широкое распространение получило применение растительных видов сырья. Среди них можно выделить бобовые культуры, одной из разновидностей которых является зеленая фасоль мунг, выращиваемая в восточных и юго-восточных странах. Известно, что растительные белки и пищевые волокна оказывают влияние на формирование структуры кисломолочных продуктов и способствуют увеличению сроков хранения этих продуктов [1–3].

На качество пищевых продуктов в процессе хранения оказывают влияние различные факторы, основными из которых являются состав и свойства самого продукта, температурные режимы хранения и вид упаковки [4–8]. К одним из важнейших показателей качества кисломолочных продуктов относят структурно-механические свойства, которые играют важную роль в формировании консистенции кисломолочных продуктов и сохранении ее в процессе хранения.

В МГУПП на кафедре технологии молока и молочных продуктов обоснованы состав, рецептура и параметры технологии кисломолочного синбиотического продукта, полученного из восстановленного сухого обезжиренного коровьего молока (СОМ), муки из зеленой фасоли мунг с применением синбиотической закваски из термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской палочки и различных пребиотиков (инулина и лиственничного арабиногалактана) [2].

Целью проведенных исследований являлось обоснование сроков годности нового кисломолочного синбиотического продукта на основе молочного и растительного сырья Республики Вьетнам путем изучения органолептических, физико-химических, реологических и микробиологических показателей в процессе хранения продукта при температуре (4±2) ^{o}C.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись образцы кисломолочного продукта, полученного из: СОМ с мукой из зеленой фасоли мунг (образец 2); СОМ с мукой из зеленой фасоли мунг и пребиотиком лиственничным арабиногалактаном (образец 3); СОМ с мукой из зеленой фасоли мунг и пребиотиком инулином (образец 4) и контрольный образец только из СОМ (образец 1) в процессе выработки и хранения. При выработке продукта использовали типовую закваску для йогурта, состоящую из термофильного стрептококка и болгарской палочки.

В ходе проведения экспериментов использовали современные стандартные, общепринятые и специальные методы исследований, в том числе органолептические, физико-химические, реологические, микробиологические, математические.

Органолептическая оценка кисломолочного продукта осуществлялась по 5-балльной системе с применением профильного метода сенсорной оценки [9]. Титруемую и активную кислотности определяли по ГОСТ Р 54669-2011, ГОСТ Р 51455-2009 и ГОСТ Р 53359-2009. Количество клеток молочнокислых бактерий определяли по ГОСТ 10444.11-89.

Особенности методов исследования реологических показателей зависят от агрегатного состояния коллоидной системы, к которым можно отнести кисломолочные продукты. Реологические показатели продукта определяли на ротационном вискозиметре «Реотест» [10]. Измерения проводили при температуре образцов кисломолочного продукта 20–22 ºС. В ходе измерений регистрировали значения крутящего момента на валу ротора вискозиметра при фиксированных частотах вращения измерительного цилиндра, которые затем пересчитывали (с учетом константы прибора) в значения напряжения сдвига, а частоту вращения – в значения скорости сдвига (от 0,333 до 145,8 с$^{-1}$). Полученные таким образом данные обрабатывали по модели Оствальда на персональном компьютере с использованием программы Table Curve®, реализующей модифицированный метод «наименьших квадратов», получая реограммы (кривые течения) каждого образца кисломолочного продукта. Затем для обобщения и сравнительной оценки полученных результатов использовали программу Microsoft Office Excel.

Для количественной сравнительной оценки консистенции сгустков образцов кисломолочного продукта использовали эффективную вязкость, рассчитанную для единичной скорости сдвига по результатам аппроксимации кривых течения уравнением Оствальда:

$$\theta = \eta_{эф} \cdot \gamma^{n}, \qquad (1)$$

где θ – напряжение сдвига, Па; $\eta_{эф}$ – эффективная вязкость, Па·с; γ – скорость сдвига, $с^{-1}$; n – индекс течения.

Опытные и контрольный образцы кисломолочного продукта, расфасованного в стеклянные банки, закрытые завинчивающимися металлическими крышками, хранили при температуре (4±2) °С в течение 45 сут. Через каждые 10 сут во всех образцах продукта определяли титруемую и активную кислотности, микробиологические, органолептические и структурно-механические показатели.

Результаты и их обсуждение

Во всех образцах кисломолочного продукта после процесса ферментации до образования сгустка определяли органолептические, физико-химические, структурно-механические и микробиологические показатели. Результаты исследований титруемой и активной кислотности опытных и контрольного образцов кисломолочного продукта сразу после процесса ферментации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования титруемой и активной кислотности образцов кисломолочного продукта до хранения

Образец	Значение	
	титруемой кислотности, °Т	активной кислотности, ед. pH
1 (контроль)	68±2	4,65±0,02
2	73±2	4,36±0,01
3	67±1	4,44±0,02
4	63±1	4,52±0,02

Известно, что для объективной оценки консистенции кисломолочных продуктов можно использовать ротационный метод исследования структурно-механических характеристик продукта. В табл. 2 приведены уравнения аппроксимации результатов измерений напряжений сдвига сгустков образцов кисломолочного продукта в зависимости от скорости сдвига после выработки, а на рис. 1 – кривые течения, полученные в результате математический обработки данных.

Таблица 2

Уравнения аппроксимации зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига образцов кисломолочного продукта

Образец	Уравнение аппроксимации	Коэффициент детерминации, R^2
1 (контроль)	$\theta = 10,009 \cdot \gamma^{0,497}$	R^2 = 0,961
2	$\theta = 12,899 \cdot \gamma^{0,466}$	R^2 = 0,947
3	$\theta = 16,763 \cdot \gamma^{0,463}$	R^2 = 0,918
4	$\theta = 12,099 \cdot \gamma^{0,489}$	R^2 = 0,965

Полученные данные (табл. 2) свидетельствуют о достоверности уравнений аппроксимации измеренным значениям, так как коэффициент детерминации находится в пределах от 0,918 до 0,965. Индекс течения показывает степень разрушенности системы. Наименьшее значение индекса течения (0,463) наблюдается у опытного образца 3 с мукой фасоли мунг и лиственничным арабиногалактаном. Поэтому можно предположить, что у этого образца наиболее устойчивая структура к механическому воздействию, которая будет более стабильной при хранении продукта. Наибольшее значение индекса течения (0,497) – у контрольного образца 1. Следовательно, контрольный образец 1 обладает наименее устойчивой структурой по сравнению с опытными образцами.

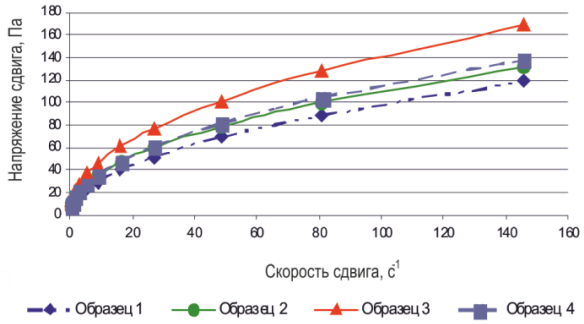

Рис. 1. Кривые течения образцов кисломолочного продукта после выработки: образец 1 (контроль) – без муки из фасоли мунг; образец 2 – с мукой из фасоли мунг, образец 3 – с мукой из фасоли мунг и лиственничным арабиногалактаном; образец 4 – с мукой из фасоли мунг и инулином

Полученные данные и характер кривых течения позволяют заключить, что все образцы относятся к вязкопластичным телам и обладают как вязкостными, так и пластическими свойствами [4, 8, 10]. Это подтверждается полученными уравнениями аппроксимации результатов измерений, представленных в табл. 2. Характер кривых течения всех исследованных образцов кисломолочного продукта (рис. 1) одинаковый. Однако для разрушения структуры опытных образцов 2, 3, 4 требуется больше усилий, чем для разрушения структуры контрольного образца.

Органолептическая оценка образцов кисломолочного продукта свидетельствует о том, что все они имели выраженный чистый кисломолочный вкус и запах. Консистенция контрольного образца была менее густой, чем консистенция опытных образцов. Полученные данные коррелируют с результатами исследования реологических показателей.

Обсуждение экспериментальных данных, характеризующих реологические свойства образцов кисломолочного продукта, позволило сделать следующий вывод: частичная замена в рецептуре СОМ мукой из зеленой фасоли мунг и введение инулина приводило к увеличению вязкости кисломолочного продукта на 21–30 %, а введение лиственничного арабиногалактана – на 67 % по сравнению с контролем.

Результаты исследований титруемой и активной кислотности опытных и контрольного образцов сгустков кисломолочного продукта при хранении подвергали математической обработке, используя метод наименьших квадратов с использованием программы Microsoft Office Excel. Были получены логарифмические зависимости титруемой кислотности образцов от продолжительности хранения в виде следующих уравнений аппроксимации:

$$У_1 = 68{,}12 + 12{,}55 \ln X, \quad (2)$$
$$У_2 = 73{,}85 + 4{,}068 \ln X, \quad (3)$$
$$У_3 = 66{,}74 + 8{,}802 \ln X, \quad (4)$$
$$У_4 = 63{,}30 + 9{,}087 \ln X, \quad (5)$$

где $У_1$, $У_2$, $У_3$, $У_4$ – титруемая кислотность образцов кисломолочного продукта 1, 2, 3, 4 соответственно, °Т; X – продолжительность хранения, сут.

Достоверность аппроксимации логарифмических уравнений 2–5 измеренным данным находится в пределах от 0,906 до 0,967.

Анализ полученных уравнений 2–5 аппроксимации зависимости титруемой кислотности образцов кисломолочного продукта от продолжительности хранения показывает, что зависимость одного показателя от другого имеет прямой характер. Наиболее интенсивное увеличение титруемой кислотности наблюдали у контрольного образца 1, а наименьшее – у опытного образца 2. Об этом свидетельствуют коэффициенты перед логарифмом значения продолжительности хранения в уравнениях аппроксимации.

Выявлено, что титруемая кислотность у кисломолочного продукта с мукой из зеленой фасоли мунг (образец 2) в процессе хранения в течение 45 сут увеличивалась в среднем на (22±2) °Т, но не превышала предельных значений, нормируемых в известных кисломолочных продуктах. Темп повышения титруемой кислотности у образцов 3 и 4 в течение всего времени хранения был практически одинаковый, но по сравнению с исходными значениями титруемая кислотность увеличивалась не более чем на 20 °Т. Наиболее интенсивное увеличение титруемой кислотности наблюдали в контрольном образце – на (46±3) °Т. Это свидетельствует о том, что применение муки из зеленой фасоли мунг, а также пребиотиков в составе продукта способствует менее интенсивному нарастанию титруемой кислотности в процессе хранения, а значит, и более стабильному сохранению качества готового продукта в течение 45 сут.

Результаты аппроксимации зависимости активной кислотности образцов кисломолочного продукта от продолжительности хранения в виде логарифмических уравнений приведены ниже, а также на рис. 2:

$$У_5 = 4{,}6547 - 0{,}2493 \ln X, \quad (6)$$
$$У_6 = 4{,}3571 - 0{,}1323 \ln X, \quad (7)$$
$$У_7 = 4{,}4408 - 0{,}1565 \ln X, \quad (8)$$
$$У_8 = 4{,}5187 - 0{,}1421 \ln X, \quad (9)$$

где $У_5$, $У_6$, $У_7$, $У_8$ – активная кислотность образцов кисломолочного продукта 1, 2, 3, 4 соответственно, ед. pH; X – продолжительность хранения, сут.

Достоверность аппроксимации логарифмических уравнений 6–9 измеренным значениям находится в пределах от 0,749 до 0,944.

Как видно из уравнений аппроксимации и данных, приведенных на рис. 2, величина активной кислотности у опытных образцов кисломолочного продукта к концу срока хранения снижалась менее значительно, чем у контрольного образца (на 1,0 ед. pH). Полученные данные по изменению активной кислотности в изученных образцах коррелируют с изменением их титруемой кислотности.

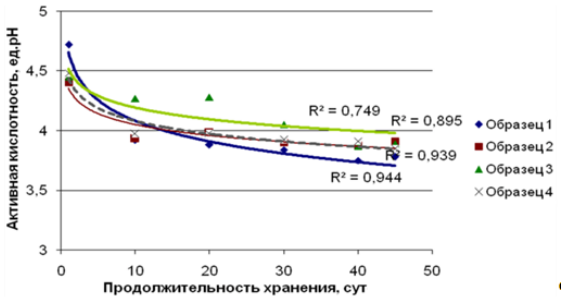

Рис. 2. Зависимость активной кислотности образцов кисломолочного продукта от продолжительности хранения: образец 1 (контроль) – без муки из фасоли мунг; 2 – с мукой из фасоли мунг, образец 3 – с мукой из фасоли мунг и лиственничным арабиногалактаном; образец 4 – с мукой из фасоли мунг и инулином

Изучение характера изменения эффективной вязкости образцов кисломолочного продукта в процессе хранения показало, что более устойчивыми вязкостными характеристиками при температуре хранения (4±2) °С обладали опытные образцы – эффективная вязкость этих образцов к концу хранения практически не изменилась.

Органолептическая оценка образцов кисломолочного продукта показала, что с увеличением продолжительности хранения вкус и запах всех образцов становились более кислыми. Консистенция в начале хранения была однородной, без выделения сыворотки, к концу хранения – стала наблюдаться неоднородность в контрольном образце 1 и опытном образце 2. Опытные образцы 3 и 4 (с пребиотиками) обладали более однородной консистенцией по сравнению с контрольным образцом, что можно объяснить способностью пищевых волокон связывать воду в продукте.

В результате изучения микробиологических показателей было установлено, что во всех образцах к концу срока хранения количество клеток молочнокислых бактерий находилось в пределах от $2{,}5\times10^7$ до $2{,}5\times10^8$ КОЕ/см^3. Количество бактерий группы кишечных палочек не обнаруживали в 0,1 см^3, а количество дрожжей и плесеней составляло не более 4–6 КОЕ/см^3 продукта. Полученные данные отвечают требованиям ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» и № 163-ФЗ [11].

Таким образом, результаты изучения показателей качества кисломолочного продукта с применением муки из фасоли мунг позволили обосновать срок его годности с учетом коэффициента запаса (согласно МУК по установлению сроков годности пищевых продуктов), который может составлять 30 сут при температуре хранения (4±2) °С. Это, по-видимому, объясняется свойствами белков и пищевых волокон, являющихся основной составной частью муки из зеленой фасоли мунг, удерживать влагу. Кроме того, пребиотики лиственничный арабиногалактан и инулин усиливают свойства фасоли мунг удерживать

влагу в кисломолочном продукте и способствуют сохранению его структуры при хранении.

Следовательно, используемый растительный компонент можно рекомендовать для применения в технологии нового кисломолочного продукта, стабильно сохраняющего показатели качества и безопасности течения установленного срока годности.

Список литературы

1. Разведская, Л.В. Бобовые культуры: строение, химический состав, применение в консервной промышленности / Л.В. Разведская, Г.И. Касьянов. – Краснодар, 2001. – 147 с.

2. Фам, Тхи Хоан. Растительное сырье Вьетнама в молочных продуктах / Фам Тхи Хоан, В.И. Ганина, С.В. Карпычев // Молочная промышленность. – 2012. – № 10. – С. 76–77.

3. Сарафанова, Л.А. Применение пищевых добавок в молочной промышленности / Л.А. Сарафанова. – СПб.: Профессия, 2010. – 240 с.

4. Косой, В.Д. Реология молочных продуктов / В.Д. Косой, Н.И. Дунченко, М.Ю. Меркулов. – М.: ДеЛи принт, 2010. – 826 с.

5. Килкаст, Д. Стабильность и срок годности. Молочные продукты: пер. с англ. / Д. Килкаст, П. Субраманиам // СПб.: Профессия, 2012. – 320 с.

6. Малкин, А.Я. Реология. Концепции, методы, приложения: пер. с англ. / А.Я. Малкин. – СПб.: Профессия, , 2009. – 500 с.

7. Гноевой, А.В. Основы теории течения бингамовских сред / А.В. Гноевой, Д.М. Климов, В.М. Чесноков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 272 с.

8. МакКенна, Б.М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы: пер. англ. / Б.М. МакКенна (ред.); под науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю.Г. Базарновой. – СПб.: Профессия, 2008. – 480 с.

9. Органолептический анализ пищевых продуктов: монография / В.М. Кантере, В.А. Матисон, М.А. Фоменко и др. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2001. – 151 с.

10. Крусь, Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов: учебник для студентов вузов / Г.Н. Крусь, А.М. Шалыгина, З.В. Волокитина. – М.: Колос С, 2006. – 368 с.

11. Технический регламент на молоко и молочную продукцию: федер. закон: принят Гос. Думой 23 мая 2008 г.: одобр. Советом Федерации 30 мая 2008 г., в ред. Федерального закона от 22.07.2010 № 163-ФЗ.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет
пищевых производств»,
109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 33.
Тел./факс: 8(495) 677-07-23,
8(495) 677-03-90
e-mail: techmol@inbox.ru

SUMMARY

Pham Thi Hoan, V.I. Ganina, Z.V. Volokitina, O.N. Moroz

THE STUDY OF QUALITY INDICES OF FERMENTED MILK PRODUCT CONTAINING MUNG BEAN DURING ITS STORAGE

The researches were conducted to define the organoleptic, physicochemical, structural, mechanical and microbiological indices of the fermented milk product containing a vegetable component (mung bean) during its storage. The shelf life of the new fermented milk product was substantiated.

Quality indices, fermented milk product, mung bean, lactic acid bacteria, effective viscosity.

Moscow State University of Food Production
33, Talalikhina street, Moscow, 109316, Russia.
Phone/fax: +7(495) 677-07-23,
+7(495) 677-03-90
e-mail: techmol@inbox.ru