

УДК 664.681

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКОВ И ПРЕБИОТИКОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРУКТУРИРОВАННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

¹Красина И.Б., ¹Хашпакянц Е.А., ²Джахимова О.И.

¹ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»,

Краснодар, e-mail: pku@kubstu.ru;

²НЧОУ ВПО «Институт современных технологий и экономики»,

Краснодар, e-mail: oks-68@bk.ru

В настоящее время существует проблема создания функциональных кондитерских изделий, которые с точки зрения функционального питания рассматриваются не только как источники энергии и пластических веществ, но и обладающие способностью оказывать благоприятное, оздоровительное воздействие на организм человека. Для определения технологических свойств про- и пребиотиков в структурированных дисперсных системах, к которым относится вафельная жировая начинка, исследования проводили на модельной суспензии частиц сахарной пудры, диспергированных в кондитерском жире. Проведено исследование реологических свойств такой системы. Результаты исследования показали, что введение добавок в модельные системы значительно повышает степень структурообразования по сравнению с контрольным образцом. При исследовании жировой начинки установлено, что увеличение содержания пребиотических волокон BeneoTMSynergy1 приводит к увеличению вязкости начинки, тогда как при внесении пробиотиков вязкость начинки снижается незначительно, а плотность практически не изменяется. Установлено, что внесение про- и пребиотиков улучшает реологические свойства опытных образцов начинки.

Ключевые слова: пребиотики, пробиотики, реологические свойства, дисперсные системы

INFLUENCE PROBIOTICS AND PREBIOTICS ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES STRUCTURED DISPERSE SYSTEMS

¹Krasina I.B., ¹Khashpakyants E.A., ²Dzhakhimova O.I.

¹The Kuban state technological university, Krasnodar, e-mail: pku@kubstu.ru;

²NCHOU Institution «Institute of modern technologies and the economy»,

Krasnodar, e-mail: oks-68@bk.ru

At the moment there is a problem creating functional confectionery, which from the point of view of functional foods are considered not only as sources of energy and plastic substances, but also have the ability to have a beneficial, healing effect on the human body. To determine the technological properties of probiotics and prebiotics in structured disperse systems, which include wafer fat stuffing, studies, were carried out on a model of the particle suspension of powdered sugar dispersed in the confectionery fat. A study of the rheological properties of such a system. The results showed that the introduction of additives into the model system significantly improves the degree of structure as compared to the control sample. In the investigation of fatty stuffing found that increasing the content of prebiotic fibers BeneoTMSynergy1 increases viscosity filling, whereas the introduction of probiotics reduced significantly the viscosity of the filling, while the density remains almost unchanged. Found that the introduction of pro-and prebiotics improves the rheological properties of prototypes toppings.

Keywords: prebiotics, probiotics, the rheological, properties of dispersions

В современном мире в связи с ухудшением экологической обстановки и все более широким применением антибиотиков наблюдается нарушение стабильности состава микрофлоры кишечника человека, приводящее к появлению дисбактериоза.

В последние десятилетия концепция активного участия симбиотической микрофлоры человека в поддержании его здоровья и возникновении многих заболеваний завоевывает все большую популярность. Микроэкологические аспекты этиопатогенеза современных заболеваний основываются на признании того, что симбиотическая микрофлора является интегральной частью организма, его своеобразным экстракорпоральным органом, включающим в себя миллиарды микроорганизмов (преимущественно анаэробных) и выполняющим как регуляторную функцию, так и внося-

щим заметный вклад в анатомию и физиологию человека [5].

С точки зрения функционального питания пищевые продукты рассматриваются не только как источники энергии и пластических веществ, но и обладающие способностью оказывать благоприятное, оздоровительное воздействие на организм человека [1, 2, 4].

В связи с этим продолжается активный поиск оптимальных средств, направленных на профилактику возникновения дисбактериоза и увеличивающих сопротивляемость организма неблагоприятным факторам внешней среды. Этим обусловлено появление на рынке продуктов-синбиотиков (комбинация пробиотиков и пребиотиков). Эффективность синбиотиков основана на синергизме пробиотиков и пребиотиков, за счет которого не только имплантируются

вводимые микроорганизмы в желудочно-кишечный тракт человека, но и стимулируются рост и развитие его собственной микрофлоры.

Перспективным при создании синбиотических функциональных продуктов является поиск и внедрение в производство натуральных компонентов, обладающих высокими технологическими и физиологическими функциональными свойствами [6]. Свойствами пребиотиков обладают пищевые волокна и олигосахариды и их производные. Пищевые волокна способны воздействовать на нормофлору кишечника, усиливать селективную ферментацию, проявлять адсорбирующий эффект, оказывать стимулирующее воздействие на рост полезной микрофлоры кишечника, что позволяет создавать на их основе эффективные синбиотические продукты.

Пищевой промышленностью производится широкий ассортимент синбиотических продуктов на молочной основе, однако выбор таких продуктов других групп еще невысок. Традиционно мучные кондитерские изделия пользуются большой популярностью как у детей, так и у взрослого населения. Ввиду того, что жировые начинки не подвергаются тепловой обработке в ходе технологического процесса, создается возможность сохранить синбиотики в нативном состоянии.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследований использовали поливидовые концентраты Бифилакт А и Бифилакт Д (ТУ 9229-102-04610209-2002), а также коммерческие препараты инулина (препарат Raftiline HP), олигофруктозы (препарат Raftilose P97) и комплекс инулина и олигофруктозы (препарат BeneoTMSynergy1) компании ORAFTI (Бельгия).

При проведении экспериментальных исследований использовали общепринятые и специальные методы анализа состава и свойств продуктов, а также современные физико-химические методы анализа. Определение реологических характеристик полуфабрикатов и готовых изделий проводили на приборах «Реотест-2» и «Структурометр СТ-1».

Результаты исследования и их обсуждение

Необходимо отметить, что вещества, входящие в состав про- и пребиотиков, могут в структурированных дисперсных системах ослаблять взаимодействие между частицами твердой фазы, модифицируя природу поверхности этих частиц за счет адсорбции на границах раздела фаз и изменения природы объемной фазы путем уравновешивания разности их поляриностей.

Жировая начинка для мучных кондитерских изделий представляет собой двух-

фазную структурированную дисперсную систему, которая относится к лиофобным компактным высококонцентрированным дисперсным системам.

Известно, что при получении жировой начинки сырье и полуфабрикаты в зависимости от температурных факторов и скорости деформации могут изменять свойства и структуру системы.

Для определения технологических свойств про- и пребиотиков в структурированных дисперсных системах, к которым относится вафельная жировая начинка, исследования проводили на модельной суспензии частиц сахарной пудры, диспергированных в кондитерском жире при концентрации дисперсной фазы 60%.

С помощью такой суспензии можно смоделировать простейшую двухкомпонентную структурированную дисперсную систему с твердыми частицами гидрофильной дисперсной фазы (сахарная пудра) и гидрофобной дисперсионной средой (кондитерский жир). Процесс структурообразования в жировой массе обусловлен сцеплением микрочастиц сахара через тонкие прослойки жировой фазы.

Нами были проведены исследования влияния пробиотиков – Бифилакта А и Бифилакта Д, а также пребиотика BeneoTMSynergy1 на реологические свойства модельной системы «кондитерский жир – сахар». Количество пребиотиков, вводимых в систему, варьировали в интервале от 1 до 20%, а пробиотиков – от 0,1 до 1% к массе компонентов системы.

Результаты исследования влияния про- и пребиотиков на эффективную вязкость модельных структурированных систем с неразрушенной и максимально разрушенной структурой показали, что введение их в модельные системы значительно повышает степень структурообразования по сравнению с контрольным образцом, это, вероятнее всего, связано с тем, что при внесении про- и пребиотиков увеличивается концентрация твердой фазы в жидкой среде и соответственно возрастает величина активной межфазной поверхности, что приводит к увеличению молекулярных сил сцепления между частицами. Таким образом, введение в жировую начинку про- и пребиотиков позволяет управлять прочностью контактов между частицами путем изменения их поверхности, что дает возможность рекомендовать исследуемые про- и пребиотики для эффективного управления технологическими процессами получения структурированных дисперсных систем.

Следует отметить, что наиболее выражено влияние пребиотических волокон

Veneo™Synergy1 на реологические свойства модельной системы по сравнению с влиянием пробиотических культур Бифилакта А и Бифилакта Д.

Таким образом, результаты исследований показали, что пробиотики Бифилакт А и Бифилакт Д, а также пребиотические волокна Veneo™Synergy1 являются эффективной добавкой, позволяющей целенаправленно изменять реологические свойства структурированных дисперсных систем.

Выполненный комплекс исследования функциональных и технологических свойств про- и пребиотиков позволил определить основные направления их применения при создании пищевых систем функционального назначения с заранее заданными конечными свойствами и структурой.

Для разработки нового ассортимента мучных кондитерских изделий повышенной пищевой и физиологической ценности исследовали влияние функциональных добавок на реологические свойства жировой начинки.

К числу основных реологических характеристик жировых масс относятся предельное напряжение сдвига, при котором начинается разрушение структуры, эффективная вязкость, пластическая прочность. Прочность характеризует способность отформованных изделий выдерживать дальнейшие механические воздействия (глазирование, завертку и т.д.). Вязкость характеризует способность массы формироваться тем или иным способом.

Так, Ю.А. Мачихиным [3] было установлено, что эффективная вязкость жировых смесей падает с увеличением скорости сдвига, достигая наименьшего значения при скорости порядка 9–10 с⁻¹ (соответствует наибольшему разрушению структуры). При напряжениях ниже предельного напряжения сдвига (предела текучести), характеризующего прочность пространственной структуры, наблюдается медленное течение типа ползучести. При таком очень медленном течении структура разрушается, но успевает вновь восстановиться.

Следует отметить, что при получении жировых начинок сырье и полуфабрикаты в зависимости от температурных факторов и скорости деформации могут изменять свои свойства и структуру, что в значительной степени может повлиять на структурно-механические свойства начинки.

Для исследования влияния про- и пребиотиков на реологические свойства жировой начинки вафель, выбора оптимальной дозировки пробиотических культур и пребиотических волокон Veneo™Synergy1 при замене жира были приготовлены образцы жировой начинки. Количество пробиотиков Бифилакт А и Бифилакт Д при введении их в жи-

ровую начинку варьировало в количестве от 0,04 до 0,12% к массе продукта. Дозы Бифилакта А и Бифилакта Д выбирались таким образом, чтобы содержание микроорганизмов в 1 грамме было не менее 10⁷ КОЕ.

Пребиотические волокна Veneo™Synergy1 вводили в начинку в количестве от 10 до 30%, заменяя ими эквивалентное количество жира. Образцы, приготовленные с заменой свыше 30% жира на Veneo™Synergy1, обладали более высокой плотностью и вязкостью, что препятствовало равномерному нанесению начинки на вафельные листы. Их органолептические показатели (специфический привкус и плотная консистенция) также свидетельствуют о невозможности введения такого количества пребиотика.

Из приведенных на рис. 1 и 2 зависимостей видно, что с увеличением дозировки пробиотиков с 0,04 до 0,12%, как Бифилакта А, так и Бифилакта Д, вязкость начинки снижается незначительно, а плотность практически не изменяется.

В результате исследований структурно-механических показателей жировой начинки установлено (рис. 3), что увеличение содержания пребиотических волокон Veneo™Synergy1 приводит к увеличению вязкости начинки с 13,2 до 15,1 Па·с (при скорости сдвига 5 с⁻¹) и плотности с 750 до 790 кг/м³ соответственно.

Образование структуры жировых масс происходит при их охлаждении в результате кристаллизации дисперсионной среды – смеси жиров. Процесс структурообразования жировых масс при их охлаждении сопровождается снижением температуры массы и упрочнением ее структуры, т.е. увеличением пластической прочности.

Присутствие разных по природе и физико-химическим свойствам частиц (пробиотики или Veneo™Synergy1) по-разному влияет на характер соединений и прочность агрегативных образований структуры. Энергия связи частиц в коагуляционных контактах зависит от природы вещества дисперсной фазы и дисперсионной среды. Чем более полярна одна из них, тем выше поверхностное натяжение на границе между ними. Чем больше разность полярностей между дисперсионной средой и частицами, тем сильнее тенденция частиц к агрегированию [47]. Поверхность частиц как Бифилакта А и Бифилакта Д, так и пребиотических волокон Veneo™Synergy1 обладает большей гидрофильностью и способностью образовывать лиофобные связи. Поэтому при их добавлении происходит повышение прочности контактов. Это приводит к упрочнению структуры (рис. 4).

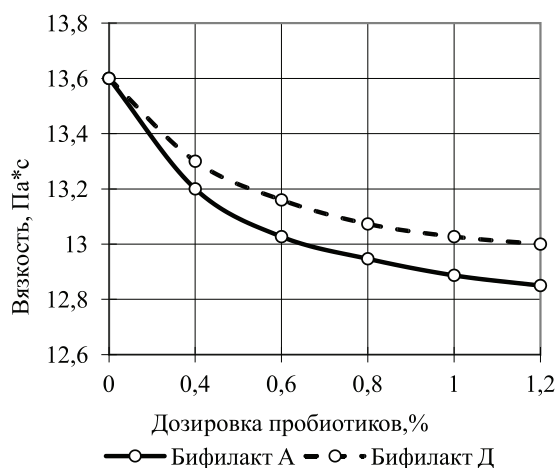


Рис. 1. Влияние внесения пробиотиков на изменение вязкости жировой начинки

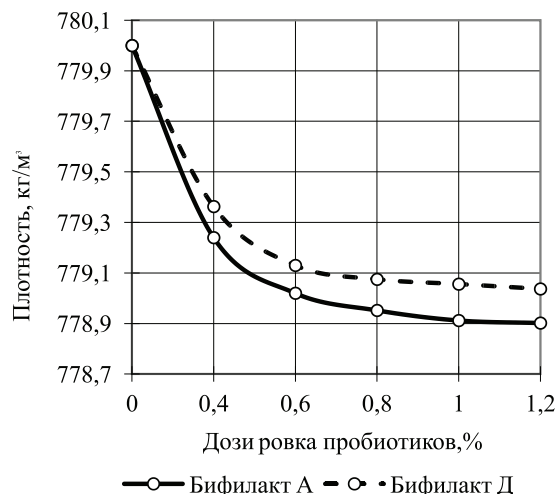


Рис. 2. Влияние внесения пробиотиков на плотность жировой начинки

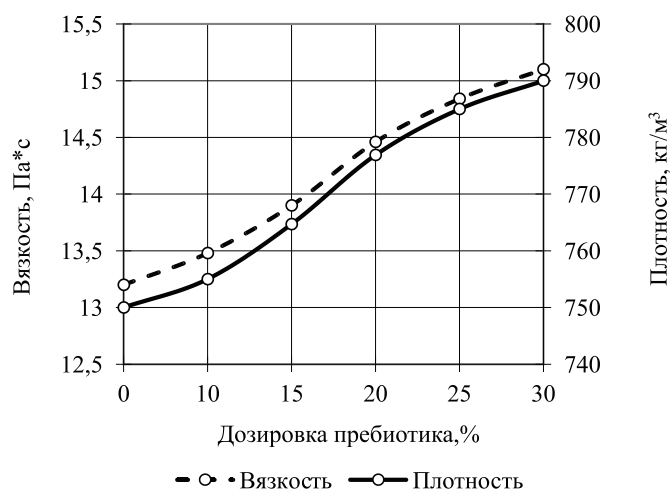


Рис. 3. Влияние внесения пребиотика Veneo™ Synergy1 на вязкость и плотность жировой начинки

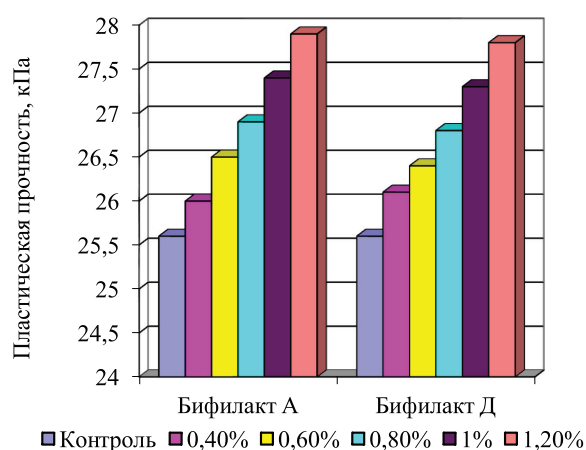


Рис. 4. Влияние дозировки пробиотиков на пластическую прочность жировой начинки

Уменьшение содержания жира в массе и одновременное увеличение твердой фазы в ней приводит к увеличению прочности

начинки (рис. 5). Продолжительность выстойки готовых вафель сокращается, т.к. при введении Veneo™ Synergy1 пластиче-

ская прочность начинки при структурообразовании увеличивается почти в три раза – с 25,6 кПа в контрольном образце до 84,3 кПа в образце с дозировкой 30%. Прочность коагуляционных структур определяется числом и прочностью контактов твердых частиц в единице объема. Увеличение твердых частиц и уменьшение толщины прослойки жира приводит к упрочнению структуры. Это можно объяснить увеличением прочности жировой массы при внесении Beneo™Synergy1 в количестве 10–15%.

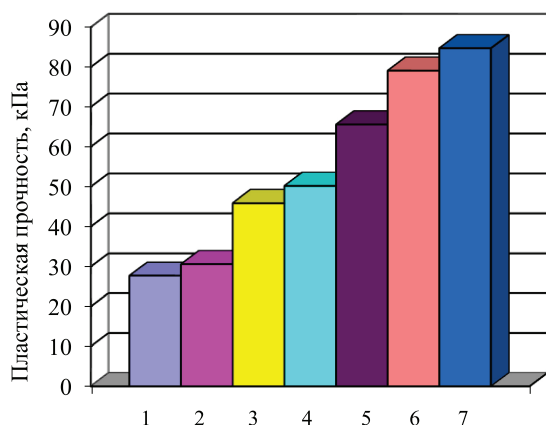


Рис. 5. Изменение пластической прочности жировой начинки при дозировке пребиотических волокон Beneo™Synergy1: 1 – 0%; 2 – 5%; 3 – 10%; 4 – 15%; 5 – 20%; 6 – 25%; 7 – 30%

Известно, что при производстве жировой начинки очень важна степень прилипания ее к поверхностям формирующих деталей машин. Способность различных материалов проявлять более или менее значительные силы взаимодействия с другим материалом или с ограждающими их поверхностями из металла или ткани называют адгезией или прилипанием.

Адгезия – свойство, которое основывается на взаимодействии двух различных тел на границе раздела фаз и вызывает сцепление тел. При разделении тел необходимо преодолевать силы сцепления. Прочность соединения двух тел из различных материалов зависит от площади и состояния поверхности контакта между телами. Анализ данных показал, что внесение пребиотических волокон Beneo™Synergy1 в жировую начинку приводит к увеличению силы отрыва начинки от формирующей поверхности, что вероятнее всего связано с повышением пластичности начинки при внесении пребиотических волокон Beneo™Synergy1.

Низкое значение адгезионной прочности жировой начинки опытных образцов

дает основание предположить возможность применения существующего аппаратного оформления процесса производства вафельных изделий для выработки нового вида, способствует снижению энергетических затрат при формовании.

Список литературы

1. Мазо В.К., Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Зилова И.С. Обогащенные и функциональные пищевые продукты: сходство и различия // Вопросы питания. – 2012. – Т. 81, № 1. – С. 63–68.
2. Новоселов Я.Б. Российская программа «Здоровое питание – здоровье нации» // Вопросы питания. – 2008. – № 3. – С. 82–84.
3. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Мачихин и др.; под. ред. А.В. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 296 с.
4. Шатнюк Л.Н. Пищевые ингредиенты в создании продуктов здорового питания // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2005. – № 2. – С. 18–22.
5. Шендеров Б.А. Роль питания и кишечной микрофлоры в программировании и реализации эпигенома здоровых и больных людей // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 1. – С. 102–107.
6. Шендеров Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т. III: Пробиотики и функциональное питание. – М.: Изд-во «Грант». 2001. – 288 с.

References

1. Mazo V.K., Kodencova V.M., Vrzhesinskaja O.A., Zilova I.S. Obogashennyye i funktsional'nyye pishhevyye produkty: shodstvo i razlichija. *Voprosy pitaniya*. 2012, no1, pp. 63–68.
2. Novoselov Ja.B. Rossijskaja programma «Zdorovoe pitanie – zdorov'e natsii», *Voprosy pitaniya*. 2008, no. 3, pp. 82–84.
3. *Strukturno-mehanicheskie karakteristiki pishhevyyh produktov* [Structural and mechanical characteristics of foods] / A.V. Gorbato, A.M. Maslov, Ju.A. Machihin i dr.; pod. red. A.V. Gorbato. Moscow, Light and food industries., 1982, 296 p.
4. Shatnjuk L.N. Pishhevyye ingredienty v sozdanii produktov zdorovogo pitaniya *Pishhevyye ingredienty. Syr'e i dobavki*, 2005 no 2, pp. 18–22.
5. Shenderov B.A. Rol' pitaniya i kishhechnoj mikroflory v programmirovanii i realizacii jepigenoma zdorovyh i bol'nyh ljudej *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny*, 2013, no 1, pp. 102–107.
6. Shenderov B.A. *Medicinskaja mikrobnaja jekologija i funktsional'noe pitanie vol. III: Probiotiki i funktsional'noe pitanie.* [Medical microbial ecology and functional food vol. III: Probiotics and functional foods]. Moscow, Publ. «Grant». 2001, 288 p.

Рецензенты:

Бархатова Т.В., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой технологии молочных и консервированных продуктов, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар;

Росляков Ю.Ф., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии хлебопекарного, макаронного и кондитерского производства, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар.

Работа поступила в редакцию 30.04.2014.