УДК 663.674:664.7

Г.Е. Полищук, В.В. Мартич

ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ЗАРОДЫШЕЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СТРУКТУРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Изучена возможность предварительной обработки гидратированных зародышей пшеницы для повышения их структурирующих свойств как стабилизирующей добавки в составе мороженого. Наиболее существенная активация функционально-технологических свойств зернового компонента наблюдалась под воздействием гидротермической обработки и вакуумирования. Установлено, что гомогенизация гидратированных зародышей пшеницы недостаточно эффективна и может быть применима в технологии мороженого при обработке под давлением не выше 10 МПа. Использование предварительно структурированных зародышей пшеницы в составе молочного мороженого позволяет получать высокую взбитость, хорошее сопротивление таянию, мелкодисперсное распределение воздушных пузырьков, жировых шариков и кристаллов льда.

Гидротермическая обработка, гомогенизация, вакуумирование, зародыши пшеницы, мороженое.

Введение

Большинство пищевых продуктов – это полидисперсные системы. Наиболее сложной пищевой системой является мороженое, в дисперсионной среде которого (концентрированном растворе преимущественно сахаров) распределены разнообразные по размерам, форме и природе дисперсные частицы (пузырьки воздуха, жировые шарики, кристаллы льда и лактозы) [1].

Для формирования и стабилизации чрезвычайно сложной структуры мороженого необходимо применять специальное оборудование и функционально-технологические добавки. Наличие поверхностно-активных веществ и гидроколлоидов играет основополагающую роль как в формировании структурно-механических свойств смесей для производства мороженого, так и в процессе их насыщения стойкими к разрушению воздушными пузырьками [2]. Однако на реологические характеристики смесей и мороженого также влияют и некоторые технологические операции – гомогенизация, пастеризация, созревание, фризерование и закаливание. Для мягкого мороженого, получаемого в шнековой камере-испарителе фризера, характерна структура коагуляционного типа, но после быстрого охлаждения до температуры –18 ºС и ниже с последующим длительным хранением структура мороженого становится ярко выраженной кристаллизационной [3].

Системы коагуляционного типа могут проявлять тиксотропные свойства – способность к восстановлению структуры после ее механического разрушения за счет броуновского движения молекул [4, 5]. Эта характеристика очень важна для смесей мороженого, особенно в промежутке времени между двумя технологическими операциями: фризерования и закаливания. Именно в этот период статического состояния в сформированной порции мороженого частично разрушенная лопастями мешалки скребкового типа трехмерная структура, созданная макромолекулами биополимеров (полисахаридов, белков), может (или не может) восстанавливаться, упрочняться и повышать сопротивление к таянию. Однако информация о тиксотропных свойствах смесей для производства мороженого весьма малочисленна и относится лишь к продуктам традиционного химического состава [6]. Кроме того, мороженое молочное с повышенным содержанием воды является наиболее проблемным замороженным продуктом с точки зрения частого возникновения порока консистенции – грубокристаллической структуры.

Авторами была предварительно изучена возможность применения зародышей пшеницы для дополнительного связывания влаги, формирования и стабилизации структуры, а также обогащения низкожирного мороженого [7]. Было установлено, что вносимый компонент может по-разному влиять на структурно-механические, в том числе тиксотропные свойства смесей. Поэтому ***целью*** научной работы являлся сравнительный анализ эффективности различных способов гидротермической и механической обработки, а также дискретно-импульсного энергетического воздействия на степень структурирования и тиксотропные свойства гидратированных зародышей пшеницы и смесей молочно-пшеничного мороженого.

Объекты и методы исследований

Для исследований были использованы зародыши пшеничные пищевые, производимые в соответствии с ТУ У 45.22.014-95 «Зародок пшеничний харчовий. Технічні умови», изготовленные в ООО «Київмлин» (г. Киев, Украина).

Для измельчения зародышей пшеницы применяли молотковую мельницу ММ-10 (изготовитель ПТП «Станкостроитель», Российская Федерация). Фракционный состав измельченных частиц: до 100 мкм – 80 %, до 100–150 мкм – 20 %.

В качестве контрольного образца использовали зародыши пшеницы, гидратированные при температуре приготовления смесей для производства мороженого (40–45 ºС) на протяжении 20–30 мин, в соответствии с типовой технологической инструкцией по производству мороженого [8]. Подготовленные таким образом опытные образцы подвергали дальнейшей гидротермической обработке периодическим способом в емкостях при температурах 65, 75, 85 и 95 ºС и гидромодуле 10:1 в течение от 1 до 7 мин при перемешивании.

Гомогенизацию гидратированных зародышей пшеницы проводили при температуре (65±2) ºС с помощью двухступенчатого лабораторного гомогенизатора-диспергатора клапанного типа модели 15M-8TA «Lab Homogenizer & Sub-Micron Disperser» (изготовитель GAULIN CORPORATION, Massachusetts, USA). Минимальный объем исследуемого образца составлял 0,5 дм^3, давление гомогенизации изменяли в диапазоне от 5 до 25 МПа.

Для получения вакуумированных образцов предварительно гидратированные по описанной выше схеме зародыши пшеницы нагревали до температуры 30, 60 и 90 ºС и вакуумировали в течение 3 мин при перепаде давления от избыточного 0,35 до 0,005 МПа и от атмосферного (0,1 МПа) до 0,005 МПа.

Для проведения эксперимента применяли вакуумную установку, разработанную научными сотрудниками кафедры теоретической механики и упаковочной техники Национального университета пищевых технологий (г. Киев). Установка состояла из вакуумной камеры, емкости для размещения исследуемых образцов, роторного вакуумного насоса, мановакуумметра и переходника. В начале опыта в вакуумную камеру закладывали нагретый до заданной температуры образец. После ее герметизации включали вакуумный насос и создавали разрежение. В условиях вакуумирования температура кипения водной фазы опытных образцов составляла около 30 ºС. Для разгерметизации камеры применяли трехходовой клапан.

Опытные выработки мороженого молочного с зародышами пшеницы были проведены с использованием фризера периодического действия «Эльбрус-400» ФПМ 3,5/380-50 (изготовитель – фирма «РОСС», г. Харьков, Украина) с частотой оборотов шнека-мешалки 200 мин$^{-1}$ и массой разовой заливки 4 кг. Температура смеси, поступающей на фризерование, составляла (4±2) ºС, продолжительность ее охлаждения (режим 1) – 3 мин, длительность фризерования (режим 2) – 2 мин. Температуру мягкого мороженого на выходе из фризера поддерживали в диапазоне от –4 до –6 ºС.

Взбитость мороженого определяли весовым методом [3]. Размеры жировых шариков изучали в проходящем свете с помощью микроскопа XS-2610 (OPTICS&ELECTRONICS Co., LTD) при увеличении 15×40. Микроструктурный анализ кристаллов льда был проведен на этом же приборе при увеличении 15×10 и температуре окружающей среды не выше –10 ºС при соблюдении условий предварительного охлаждения всех материалов, соприкасающихся с образцами закаленного мороженого (–24 ºС на протяжении 24 ч), и изоляции рук. Средние размеры кристаллов были получены расчетным способом по диаметрам сфер, в которые могут быть вписаны эти кристаллы.

Реологические характеристики суспензий и смесей определяли с помощью ротационного вискозиметра Реотест 2.1 (Германия) с использованием цилиндрической системы S/N в диапазоне скоростей сдвига от 9 до 1312,2 с$^{-1}$. Реограммы регистрировали с помощью аналогово-цифрового преобразователя, соединенного с компьютером. Реологические исследования проводили при температуре 20 °С [6, 9].

Результаты и их обсуждение

Для каждого вида воздействия на водные дисперсии зародышей пшеницы предварительно были установлены рациональные режимы гидротермической и механической обработки, а также вакуумирования, которые обеспечивали наиболее выраженные структурирующие и тиксотропные свойства исследуемых систем.

Так, при тепловой обработке рекомендованным режимом являлась температура 85 °С и время выдержки не менее 3 мин, для гомогенизации – давление не выше 10 МПа, для дискретно-импульсного энергетического воздействия – вакуумирование от избыточного давления 0,35 до 0,005 МПа в течение 3 мин при температуре не ниже 60 °С.

В соответствии с указанными режимами различных способов обработки, были получены образцы гидратированных зародышей пшеницы и проведен сравнительный анализ их реологических характеристик. На рис. 1 приведены логарифмические зависимости вязкости от скорости сдвига для всех исследуемых образцов. Стрелки указывают направления измерений при возрастающих (вниз) значениях скорости сдвига и при их убывающих (вверх) значениях.

Согласно рис. 1, наиболее выраженные структурирующие и тиксотропные свойства характерны для вакуумированных, а также для термически обработанных гидратированных зародышей пшеницы. Следует отметить практически одинаковый характер восстановления структуры после снятия разрушающего воздействия именно для этих двух систем. Несколько худшие результаты были получены для гидратированных гомогенизированных зародышей. При снижении скорости сдвига, в частности, в диапазоне с 11-й до 9-й, в этом образце был отмечен эффект аномального инерционного уменьшения вязкости. Такое явление, вероятно, наблюдалось вследствие чрезмерного ослабления взаимодействия между макромолекулами белков и полисахаридов, продолжающегося даже в начальной стадии постепенного снижения приложенного к ним механического воздействия.

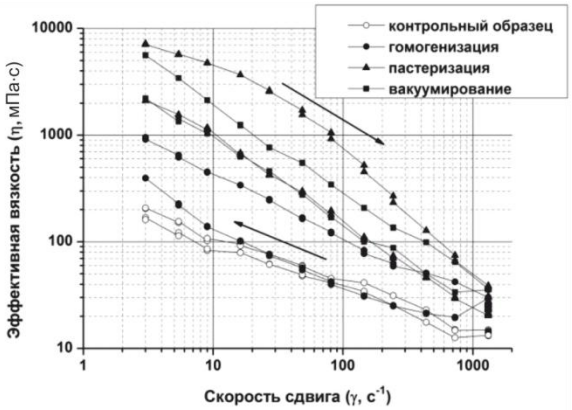


Рис. 1. Логарифмическая зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига гидратированных зароды-

шей пшеницы для различных видов их предварительной обработки

Значения эффективной вязкости восстановленных структур исследуемых образцов приведены на рис. 2.

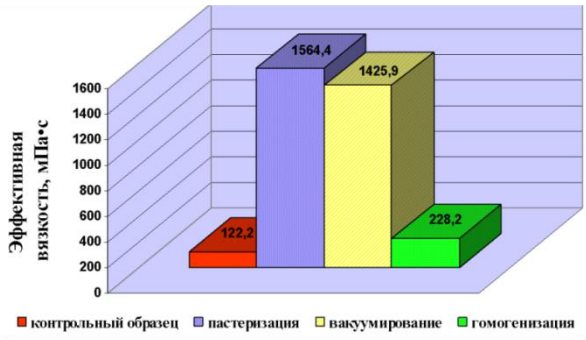


Рис. 2. Эффективная вязкость восстановленной структуры водных дисперсий зародышей пшеницы при различных способах их обработки

Сравнительный анализ тиксотропных свойств водных дисперсий зародышей пшеницы дает возможность рекомендовать либо их предварительное вакуумирование, либо тепловую обработку для эффективного структурирования мягкого мороженого перед закаливанием.

Для объяснения повышения тиксотропных свойств гидратированных зародышей пшеницы под воздействием различных видов обработки было сформулировано следующее предположение. В процессе предварительной обработки может происходить частичная деструкция макромолекул и изменяться взаимное расположение гидрофильных групп белков и полисахаридов (в основном крахмала), которые входят в состав зародышей пшеницы в количествах 17,5…41,0 и 28,5…46,5 % соответственно [10]. Чрезмерно высокое давление гомогенизации (более 10 МПа) может приводить к необратимому ослаблению связей между макромолекулами указанных органических веществ. В свою очередь, вакуумирование гидратированных зародышей пшеницы при перепаде давления от избыточного 0,35 до 0,005 МПа может частично разрушать целостность крахмальных зерен с одновременным высвобождением гидрофильных групп макромолекул крахмала, что будет способствовать более эффективному и быстрому образованию пространственной сетки, ячейки которой заполняются водой. Таким способом обработанные углеводы могут играть основную роль в процессе структурирования в сравнении с протеинами. Изучение микроструктуры вакуумированных зародышей пшеницы подтвердило предположение о частичном разрушении крахмальных зерен. Иной механизм структурирования, вероятно, происходит под воздействием гидротермической обработки зародышей пшеницы. Высокая температура пастеризации может способствовать более активному набуханию белков и их участию в образовании прочных смешанных гелей.

Дополнительно были изучены физико-химические свойства смесей и мороженого молочного, стабилизированного вакуумированными зародышами пшеницы, в сравнении с образцами, содержащими традиционную стабилизирующую добавку – муку пшеничную и современную стабилизационную систему Cremodan Ice Pro (Danisco, Дания). Количество зерновых ингредиентов в образцах мороженого составляло 3,0 %, стабилизационной системы – 0,5 %. Химический состав смесей по остальным компонентам был стандартным: содержание молочного жира – 3,5 %; сахара – 15,5 %; сухого обезжиренного молочного остатка – 10,0 %.

Муку пшеничную, в соответствии с технологической инструкцией [8], предварительно клейстеризовали. Для этого тесто, полученное при смешивании муки с водой в соотношении 1:2, вымешивали, добавляли в него 3–5-кратное количество воды и нагревали полученный клейстер до температуры, близкой к 100 ºС, до появления характерной стекловидной консистенции. Измельченные зародыши пшеницы гидратировали и подвергали вакуумированию от избыточного давления 0,35 до 0,005 МПа в течение 3 мин при температуре не ниже 60 °С. Стабилизационную систему, предварительно смешанную с частью сахара-песка, гидратировали в небольшом количестве воды при 40–45 ºС, при перемешивании нагревали до 60 ºС, фильтровали и добавляли в основную смесь перед пастеризацией и гомогенизацией.

Смеси для получения мороженого пастеризовали, гомогенизировали и охлаждали при установленных инструкцией режимах, добавляли в них натуральные структурирующие добавки, подвергали созреванию при температуре (4±2) ºС не менее 2 ч и направляли на фризерование.

Реологические характеристики смесей мороженого с различными стабилизационными компонентами, а также взбитость и средние размеры жировых шариков и кристаллов льда представлены в таблице.

Таблица

Физико-химические характеристики смесей и мороженого молочного с различными стабилизационными компонентами

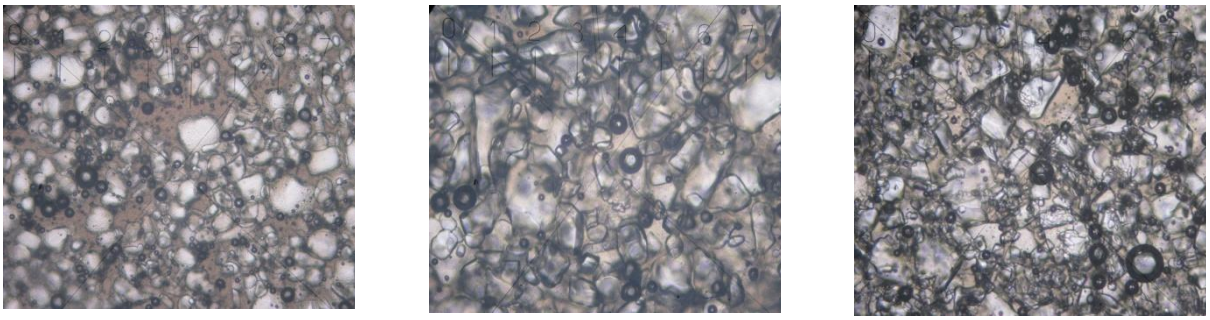
Физико-химические показатели	Вид мороженого		
	молочное со стабилизационной системой	молочное с пшеничной мукой	молочное с зародышами пшеницы
Эффективная вязкость смесей при $\gamma = 5{,}4\ с^{-1}$ (Па·с)	2,95±0,06	2,46±0,06	3,87±0,06
Эффективная вязкость восстановленной структуры смесей при $\gamma = 5{,}4\ с^{-1}$ (Па·с)	0,49±0,01	0,38±0,01	0,44±0,01
Средний диаметр жировых шариков в смесях, мкм	1,23±0,09	1,64±0,09	1,32±0,08
Взбитость	89,5±1,9	78,7±1,8	82,2±1,7

мягкого мороженого, %			
Средний размер кристаллов льда в закаленном мороженом, мкм	38,9±1,1	61,7±1,7	49,6±1,3
Сопротивление таянию закаленного мороженого, мин	48,1±1,8	33,5±1,3	45,0±1,9

Наибольшая эффективная вязкость была характерна для смеси с зародышами пшеницы, а наименьшая – для смеси с пшеничной мукой. Однако смесь со стабилизационной системой, занимая промежуточное значение по эффективной вязкости практически неразрушенной структуры, проявляла максимальную способность к ее восстановлению. Наиболее близкой по тиксотропным свойствам к смеси, содержащей Cremodan, являлась смесь с зародышами пшеницы. Таким образом, исследуемые нами системы в целом соответствовали рекомендуемым значениям эффективной вязкости [6].

Следует отметить, что смесь со стабилизационной системой наиболее активно насыщалась воздухом, а после закаливания мягкого мороженого за счет ярко выраженных тиксотропных свойств в нем формировались наименьшие кристаллы льда. Именно присутствие эмульгаторов в составе стабилизационной системы придавало смеси повышенную способность к эмульгированию, пенообразованию и стойкости структуры.

Микроструктура исследуемых образцов мороженого молочного закаленного приведена на рис. 3.



а) б) в)

Рис. 3. Структура закаленного мороженого молочного со стабилизационной системой (а), пшеничной мукой (б) и с зародышами пшеницы (в)

На микрофотографиях прослеживаются единичные пузырьки воздуха, окруженные контрастными оболочками, и светлые кристаллы льда неправильной формы. Наименьшие по размерам и компактные по форме кристаллы были сформированы в мороженом со стабилизационной системой Cremodan Ice Pro, что объясняется синергическим взаимодействием специально подобранных стабилизаторов-гидроколлоидов и эмульгаторов – эффективных поверхностно-активных веществ. Также следует отметить наиболее крупные и со слегка сглаженной формой кристаллы льда в мороженом с пшеничной мукой, в отличие от четко выраженных угловатых и более мелких кристаллов, сформированных под воздействием остатков растительной ткани зародышей пшеницы. Таким образом, можно высказать предположение о том, что зародыши пшеницы не только снижают максимальные размеры кристаллов льда в мороженом, в сравнении с наиболее близким по составу и природе компонентом – пшеничной мукой, но и влияют на их форму, ограничивая рост в определенных плоскостях.

Таким образом, можно констатировать, что зародыши пшеницы обладают более высокими функционально-технологическими свойствами в сравнении с пшеничной мукой и несколько худшими, но достаточно сопоставимыми характеристиками в сравнении с современной стабилизационной системой. Исходя из этого, можно рекомендовать применение активированных зародышей пшеницы к широкому использованию в составе мороженого в количестве 3 % для получения натурального продукта с повышенной биологической ценностью без применения пищевых добавок (стабилизаторов, эмульгаторов, загустителей).

Выводы

Наиболее эффективными способами повышения структурирующей способности зародышей пшеницы являются гидротермическая обработка при температуре 85 °С на протяжении 3 мин и вакуумирование при изменении давления от 0,35 до 0,005 МПа и температуре не ниже 60 °С.

Гомогенизация гидратированных зародышей пшеницы может быть применима лишь при обработке под давлением не выше 10 МПа.

Использование структурированных зародышей пшеницы в составе молочного мороженого существенно улучшает его физико-химические показатели в сравнении с традиционно используемой пшеничной мукой.

Список литературы

1. Marshall, R.T. Ice Cream / R.T. Marshall, H.D. Goff and R.W. Hartel. – 6th ed. – N. Y.: Kluwer Academic, ISBN 0-306-47700-9, 2003. – 366 p.
2. Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers / S. Adapa, H. Dingeldein, K.A. Schmidt, T.J. Herald (Dept of Animal Sciences and Industry Kansas State University, Manhattan 66506, USA) // Journal Dairy Science. – 2000. – № 83 (10) Oct. – P. 24–29.
3. Справочник по производству мороженого / Ю.А. Оленев, А.А. Творогова, Н.В. Казакова, Л.Н. Соловьева. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
4. Dickinson, E. Advances in food Colloids / E. Dickinson, D.J. McClements. – Chapman & Hall, 1996. – 333 p.
5. Зимон, А.Д. Коллоидная химия: учеб. для вузов / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. – 3-е изд., доп. и испр. – М.: АГАР, 2001. – 320 с.
6. Косой, В.Д. Инженерная реология в производстве мороженого / В.Д. Косой, Н.И. Дунченко, А.В. Егоров. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 196 с.
7. Дослідження фізико-хімічних властивостей зернових інгредієнтів як структуроутворювачів у виробництві морозива / Г.Є. Поліщук, В.В. Мартич та ін. // Хранение и переработка зерна. – 2011. – № 6. – С. 56–58.
8. Типова технологічна інструкція з виробництва морозива молочного, вершкового, пломбір; плодово-ягідного, ароматичного, щербету, льоду; морозива з комбінованим складом сировини. ТТІ 31748658-1-2007 до ДСТУ 4733:2007, 4734:2007. 4735:2007 – Киев: Асоціація українських виробників «Морозиво і заморожені продукти», 2007 . – 100 с.
9. Косой, В.Д. Контроль качества молочных продуктов методами физико-химической механики / В.Д. Косой, М.Ю. Меркулов, С. Б. Юдина. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 208 с.
10. Острик, А.С. Использование нетрадиционного сырья в кондитерской промышленности: справочник / А.С. Острик, А.Н. Дорохович, Н.В. Мироненко. – Киев: Урожай, 1989. – 112 с.

Национальный университет
пищевых технологий,
01033, Украина, г. Киев,
ул. Владимирская, 68,
Тел.: (+38044) 287-92-07
e-mail info@nuft.edu.ua, milknuft@i.ua

SUMMARY

G.E. Polischuk, V.V. Martich

DIFFERENT WAYS OF WHEAT GERM TREATMENT FOR INCREASING THEIR STRUCTURE-FORMING ABILITY

In the article the preliminary treatment of the aquated wheat germ is studied for the increase of their structure-forming properties as a stabilizing additive in the composition of ice-cream. The most substantial activation of functional-technological properties of the grain was observed under the hydrothermal treatment and vacuumizing. It is established that homogenization of the aquated wheat germ is not effective enough and can be applicable in technology of ice-cream in the treatment under pressure not higher than 10 MPa. The use of the preliminary structured wheat germ in a milk ice-cream composition allows obtaining high fluffing, good resistance to melting, fine distribution of air phials, fatty marbles and ice crystals.

Hydrothermal treatment, homogenization, vacuum, wheat germ, ice cream.

National University of Food Technologies
68, Volodimirskya street, Kiev, 01033, Ukraine.
Phone: (+38044) 287-92-07
e-mail: info@nuft.edu.ua, milknuft@i.ua