

УДК 637.34

ФОРМИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОЧНО-ОВОЩНОГО МОРОЖЕНОГО В ПРОЦЕССЕ ФРИЗЕРОВАНИЯ

А.В. Згурский, Г.Е. Полищук

Изучены закономерности формирования физико-химических показателей мороженого молочно-овощного в процессе фризирования смесей с различным количеством сухих веществ тыквы. Установлено рекомендуемое количество сухих веществ тыквы (4% – 5%), которое обеспечивает эффективное насыщение молочно-овощных смесей воздухом, его тонкое распределение в готовом продукте на протяжении 7 мин, а также хорошее сопротивление таянию. Показана практически одинаковая закономерность процесса фризирования при различных количествах сухих веществ растительного сырья для смесей, содержащих тыквенное пюре и порошок из тыквы. Установлен эффект «перевзбивания» при длительном фризировании молочно-овощных смесей. Выявлена достаточно высокая технологическая эффективность овощного сырья в сравнении с современной стабилизационной системой, что проявляется в эффективном диспергировании воздушной фазы и стойкости структуры мороженого.

Введение

Основной технологической операцией при производстве мороженого является фризирование, во время которого происходит частичное замораживание и насыщение смесей воздухом, за счет чего образуется характерная кремообразная структура продукта. Пузырьки, которые формируются в мягком мороженом в процессе фризирования, их размеры, характер распределения, устойчивость и объемная доля воздушной фазы существенно влияют на органолептическое восприятие готового продукта [1].

Взбитость мороженого зависит от многих факторов: состава и технологических режимов обработки смесей; вида и количества введенного стабилизатора; конструктивных особенностей фризера (частота вращения мешалки и ее форма); степени заполнения цилиндра смесью (для оборудования периодического действия) и пр. Способность смесей к достижению высокой взбитости в большинстве случаев сочетается с их быстрым насыщением воздухом. Содержание воздуха в смеси зависит от прочности пленок между воздушными пузырьками, поэтому этот фактор влияет как на скорость взбивания, так и на максимальную взбитость. В свою очередь, прочность и стабильность пленок между воздушными пузырьками зависит, во-первых, от сил взаимодействия между макромолекулами высокомолекулярных соединений (МВС) в частично замерзшей смеси и, во-вторых, от поверхностного натяжения и адсорбции поверхностно-активных веществ на границе раздела фаз «воздух / плазма» [1–3].

Формированию и стабилизации воздушной дисперсной фазы мороженого в процессе фризирования посвящено много работ Оленева Ю.А., Фильчаковой Н.Н., Твороговой А.А., Маршала Г., Goff H. D., King M., Chang Y., Bayardo K. и других ученых [1, 2, 4–7]. Однако, учитывая многочисленные технологические факторы, от которых зависят эффективность взбивания и стабилизация пенной структуры мороженого, необходимо обосновывать их применение и режимы для каждой смеси, отличающейся по химическому составу.

Цель работы – изучить процесс фризирования мороженого молочно-овощного с различным количеством сухих веществ тыквы.

Результаты исследований и их обсуждение

Для определения рациональной продолжительности фризирования молочно-овощных смесей были проведены опытные выработки на фризере периодического действия «Эльбрус-400», модель ФПМ-3, 5/380-50 ТУ.У 14086152.081-97, производитель «Акционерное общество «РОСС» г. Харьков. Процесс фризирования проводили в два этапа:

– на первом (режим 1) смесь охлаждали в шнековой камере в течение 3-х мин до температуры минус 1,5 °С – 2,5 °С, частота вращения шнека-мешалки составляла 2 об/с;

– на втором (режим 2) охлажденную смесь фризеровали в течение 7-ми мин с частотой оборотов шнека-мешалки 3,3 об/с.

Температура смеси при загрузке в в шнековую камеру была в пределах 2 °С – 6 °С, температура мягкого мороженого на выходе из фризера составляла от минус 4 до минус 7 °С. При проведении исследований шнековую камеру заполняли на 1/3 рабочего объема фризера.

На рисунках 1 и 2 показаны зависимости взбитости от продолжительности фризирования молочно-тыквенных смесей, содержащих пюре из свежей тыквы и порошок из тыквы, при этом массовая доля сухих веществ тыквы (СВТ) составляла 3 % – 6 %. В качестве контрольного образца использовали мороженое молочное, содержащее стабилизационную систему «IcePro» торговой марки Cremodan (Danisco, Дания) в количестве 0,6 %. Количество других рецептурных компонентов для контрольного и опытных образцов было одинаковым: массовая доля жира составляла 3,5 %; сахара – 14 %; сухого обезжиренного молочного остатка – 10 %.

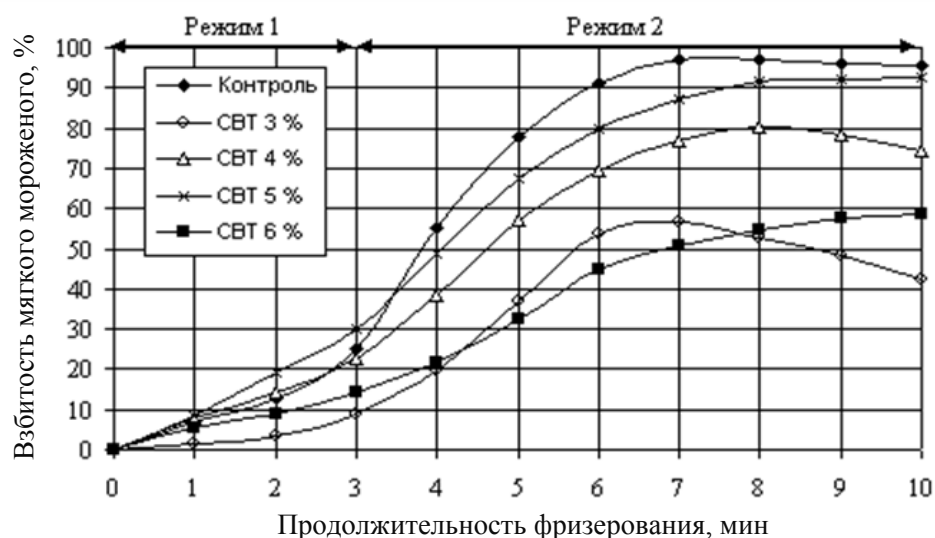


Рисунок 1 – Динамика изменения взбитости смесей с пюре из свежей тыквы в процессе фризирования

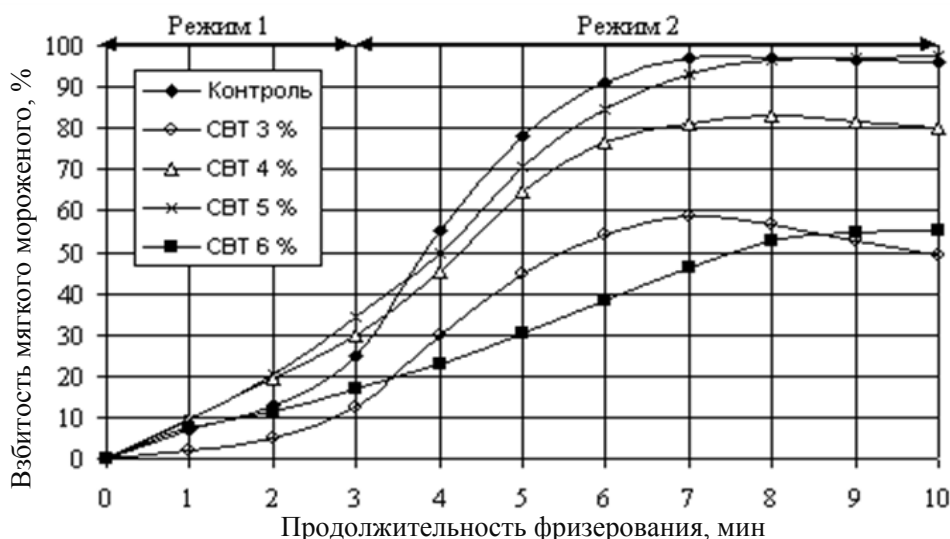


Рисунок 2 – Динамика изменения взбитости смесей с порошком из тыквы в процессе фризирования

Как видно из рисунков 1 и 2, наибольшей взбитости исследуемые смеси достигали через 7–8 мин. При этом характер насыщения смесей воздухом при различном содержании СВТ не

был одинаков.

Контрольная смесь достигала максимальной взбитости (97,1 %) на 7-й мин процесса фризирования. Затем взбитость начинала постепенно уменьшаться как за счет повышения вязкости системы в результате переохлаждения, так и избыточно-длительного механического воздействия на пенную структуру, что вызывало эффект «перевзбивания».

Смеси на основе пюре из свежей тыквы и порошка из тыквы, с содержанием СВТ 3 % достигали максимальной взбитости на 7-й минуте фризирования, а с содержанием СВТ 4 % – на 8-й минуте. Высокую и близкую к контрольному образцу взбитость приобретали смеси с содержанием СВТ 5 %, для которых на 8-ую минуту насыщенность системы воздухом достигала 91,5 % и 96,3 %, соответственно. Причем, в отличие от контрольной смеси, эффект «перевзбивания» для этих образцов не наблюдался даже на 9-ю и 10-ю минуту фризирования. Такую особенность можно объяснить тем, что криоскопическая температура данных систем (минус 2,71 и 2,78 °С) ниже по сравнению с контрольной смесью (минус 2,18 °С), что позволяет предотвратить рост вязкости смеси в течение всего времени фризирования [8].

Способность данных систем к более высокому насыщению воздухом, в сравнении с системами, содержащими 3 % и 4 % СВТ, можно объяснить тем, что в количестве связанной в них воды (0,448 и 0,554 г/г сухих веществ соответственно для смеси с пюре из свежей тыквы и порошка из тыквы) подобно количеству связанной воды для контрольной смеси (0,541 г/г сухих веществ) [8]. Меньшее количество связанной влаги снижает концентрацию растворенных веществ в незамерзающей фазе, а при их низком содержании воздушные пузырьки способны легко коалесцировать с последующим быстрым разрушением.

Таким образом, для применения на практике можно рекомендовать смесь, содержащую СВТ 5 %, при длительности фризирования не более 8-и минут как при использовании пюре из свежей тыквы, так и порошка из тыквы.

Кремообразная консистенция мороженого обусловлена высокой дисперсностью воздушной фазы. При условии превышения среднего размера пузырьков более 60 мкм и при максимальном размере, превышающем 150 мкм, появляется угроза формирования неоднородной, грубокристаллической и снежистой структуры мороженого. По данным Шидловской В.П. [9], устойчивость пузырьков и их размеры зависят от химического состава смеси мороженого и условий ее фризирования. В начале этого процесса размеры пузырьков достаточно крупные, но вследствие интенсивного перемешивания и увеличения вязкости формируется мелкодисперсная пена [10].

Минимально необходимая взбитость для молочного мороженого (60 %), обеспечивающая кремообразную консистенцию [1], формируется только для систем с содержанием не менее 4 % и 5 % СВТ. Поэтому из следующей серии эксперимента смеси, содержащей 3 % и 6 % СВТ, были исключены. Учитывая сходство протекания процессов взбивания смесей с овощной сырьем разной степени обработки, в дальнейших исследованиях применяли только системы с пюре из свежей тыквы.

Средний диаметр пузырьков воздуха определяли с момента перехода фризера из режима 1 в режим 2. Последний является основным для получения мягкого мороженого. Полученные результаты приведены на рисунке 3.

Из данных рисунка 3 видно, что средний диаметр воздушной фазы во всех исследуемых системах на 6-ую минуту фризирования достигал рекомендуемых значений (65 мкм) [1] и в дальнейшем продолжал уменьшаться. Фризирование на протяжении 9-ти минут для контрольного образца и 10-ти минут для молочно-тыквенной смеси с 4 % СВТ приводило к некоторому снижению дисперсности воздуха в мороженом, что объясняется разрушением образованной структуры при переохлаждении систем [11]. Установленная способность молочнотыквенных смесей с содержанием СВТ 5 % может способствовать сохранению структурных свойств мягкого мороженого при необходимости его временного хранения в цилиндре фризера.

В мороженом молочнотыквенном наблюдалась лучшая дисперсность воздуха (на 20 % – 25 %), но несколько меньшая взбитость (на 12 % – 17 %), в сравнении с контрольным образ-

цом, что можно объяснить большей эффективной вязкостью [12].

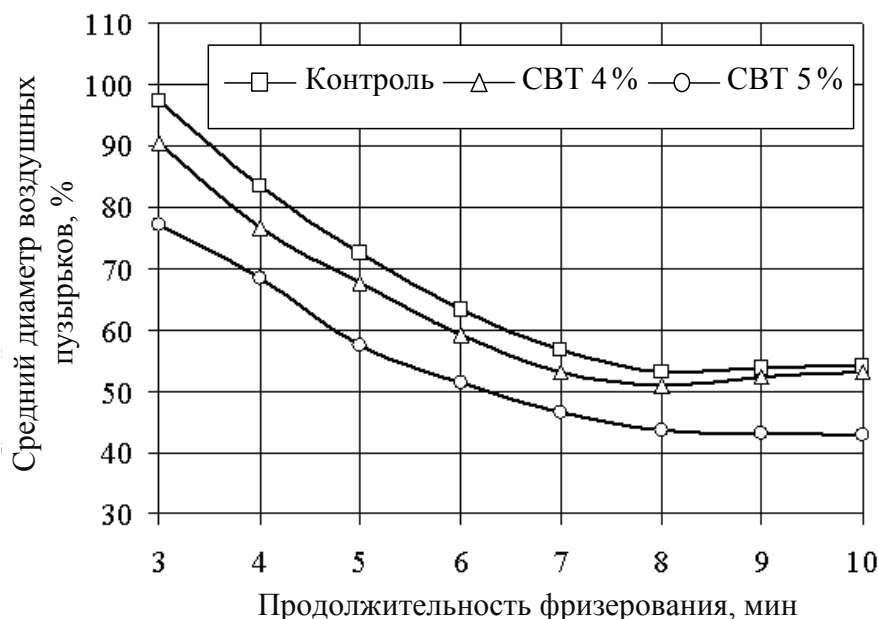


Рисунок 3 – Зависимость изменения дисперсности мягкого мороженого от продолжительности фризирования

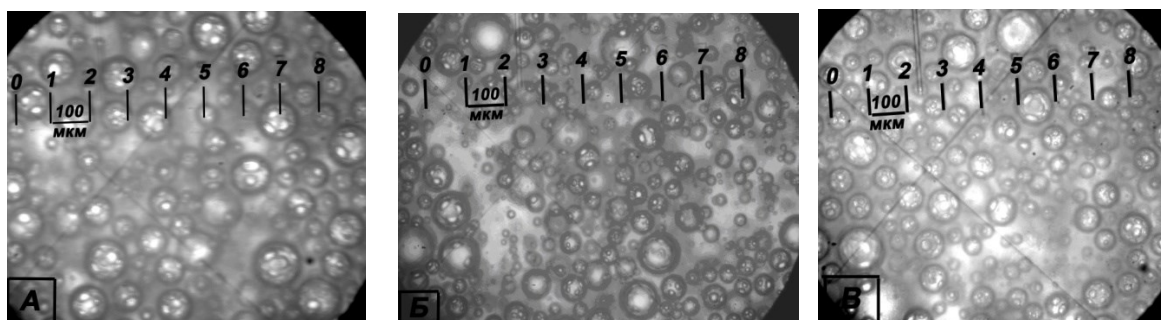


Рисунок 4 – Микрофотографии воздушных пузырьков молочного мороженого: а – контроль, б – молочно-овощное с содержанием СВТ 4 %, в – молочно-овощное с содержанием СВТ 5 %

Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что минимально необходимая продолжительность фризирования смесей с тыквой с содержанием 4 % – 5 % СВТ должна составлять не менее 7 минут, что обеспечивает высокую дисперсность воздушной фазы (50,8–43,6 мкм) и достаточно высокую взбитость (80,9 % – 87,3 %). При увеличении длительности процесса фризирования (для систем, содержащих СВТ 5 %) на 1–2 минуты взбитость достигает уровня контрольной смеси (92,3 %).

На рисунке 4 приведены микрофотографии воздушной фазы в мягком молочном и молочно-овощном мороженом. Микроструктурный анализ мороженого позволил определить, что в исследуемых системах максимальный диаметр воздушных пузырьков не превышал допустимых значений (150 мкм) [13]. Соотношение между тремя основными фракциями – до 30 мкм, от 30 до 60 мкм и от 80 до 120 мкм – в среднем составляло 1:2:1. При этом сопротивление к таянию закаленного мороженого в течение 5 суток при температуре минус 24 °С составило 46,3 минуты при среднем диаметре пузырьков 57,8 мкм.

Дисперсность воздушной фазы в молочно-тыквенном мороженом, в соответствии с рисунком 4, больше, чем для контрольного образца, при среднем диаметре пузырьков не выше 50,8–43,5. При этом сопротивление к таянию повышается и составляет 47,8 минуты и 55,4 минуты соответственно для смесей с содержанием 4 % и 5 % СВТ. Как и в предыдущей

серии эксперимента, формирование подобной микроструктуры можно объяснить существенным повышением структурирования смесей мороженого в присутствии частиц растительных волокон тыквы.

Заключение

Рекомендуемое количество сухих веществ тыквы, которое способствует формированию в мороженом высокой взбитости и дисперсности воздушной фазы, составляет 4 % – 5 %. Дисперсность воздушной фазы в молочных смесях на основе тыквы в среднем на 20 % – 25 % выше по сравнению со смесью на основе современной стабилизационной системы, при меньшей на 12 % – 17 % взбитости. Минимально необходимая продолжительность фризирования смесей на основе тыквы (сухих веществ 4 % – 5 %) для достижения высокой взбитости составляет не менее 7 минут. Формирование структуры мороженого молочно-овощного с содержанием СВТ 5 % проходит в течение более длительного времени по сравнению со смесью на основе современной стабилизационной системы, что будет способствовать сохранению структурных свойств мягкого мороженого при необходимости его временного хранения в цилиндре фризера. Сопротивление к таянию для смесей с содержанием СВТ 4 % и 5 % составляет 47,8 минуты и 55,4 минуты соответственно, при среднем диаметре пузырьков 50,8–43,5 мкм.

Литература

- 1 Оленев, Ю.А. Технология и оборудование для производства мороженого / Ю.А. Оленев – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ДеЛи, 2001. – 323 с.
- 2 King, M. The physical structure of ice-cream // 2 Dairy End. – 1980. – P. 1052–1055.
- 3 Тихомиров, В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / Тихомиров В.К. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
- 4 Творогова, А.А. Мороженое с пониженной долей сахарозы / А.А. Творогова, О.С. Борисова, Н.В. Козакова, И.А. Лагуткина // Молочная промышленность, 1993. – № 2. – С. 29–31.
- 5 Goff, H. D. Formation and Stabilisation of Structure in Ice-Cream and Related Products / H. D. Goff // Current Opinion in Colloid and Interface Science. – 2002. – Vol. 7, № 5–6. – P. 432–437.
- 6 Chang, Y. Stability of Air Cells in Ice Cream during Handening and Storage / Y. Chang, R.W.Hartel // Journal of Food Engineering. – 2002. – Vol. 55, № 11. – P. 59–70.
- 7 Bayardo, Karla. Effects of Stabilizers and Processing on the Microstructure and Stability of a Model of Ice Cream: A Thesis for the degree of Master of Science. / Bayardo Karla – Canada: Guelph., 2001. – 175 p.
- 8 Визначення кріоскопічної температури молочно-овочевих сумішей для виробництва морозива / А.В. Згурський, С.Г. Потапов, Г.Є. Поліщук, М.М. Масліков // Наукові праці Нац. ун-т. харч. техн. – 2012. – № 45. С. 75–80.
- 9 Шидловская, В. П. Огранолептические свойства молока и молочных продуктов / Шидловская В. П. – М. : Колос, 2000 – 280 с.
- 10 Chang, Y. Stability of Air Cells in Ice Cream during Handening and Storage / Y. Chang, R.W.Hartel // Journal of Food Engineering. – 2002. – Vol. 55, № 11. – P. 59–70.
- 11 Маршал, Р. Мороженое и замороженные десерты / Маршал Р., Гофф Г., Гартел Р. ; пер. с англ. под ред. В.И. Василевського. – СПб. : Профессия, 2005. – 376 с.
- 12 Дослідження реологічних характеристик молочно-овочевих сумішей для виробництва морозива / А.В. Згурський, Г.Є. Поліщук, Є.І. Ковалевська, І.О. Крапивницька // Щоквартальний науково-виробничий журнал Одеської нац. ак. харч. техн. «Харчова наука і технологія». – 2011. – № 2. – С. 115–118.
13. Regand, A. Effect of Biopolymers on Structure and Ice Recrystallization in Dynamically Frozen Ice Cream Model Systems / A. Regand, H. D. Goff // Journal of Dairy Science. – 2002. – Vol. 85, № 11. – P. 2722–2732.

Поступила в редакцию 11.03.2013