

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, КОРМОПРОИЗВОДСТВО, АГРОЭКОЛОГИЯ, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 15.52

Б.Ж. ЕСПЕРОВА¹, Г.Е. ПОЛИЩУК², М.М. МАСЛИКОВ², Д.Ю. ПРАСОЛ³

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫМОРОЖЕННОЙ ВОДЫ В СМЕСЯХ МОРОЖЕНОГО РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Казахский национальный аграрный университет¹

Национальный университет пищевых технологий², г. Киев, Украина

Национальный университет биотехнологии и природопользования³, г. Киев, Украина

Аннотация. Изучены степень и эффективность льдообразования в мороженом новых видов. Установлено, что яблочное и тыквенное пюре являются технологически активными ингредиентами, существенно влияющими на характер вымораживания воды в мороженом. Выявлены наиболее эффективные влагосвязывающие зерновые компоненты в смесях мороженого. Подтверждена целесообразность быстрого охлаждения мягкого мороженого до температуры -10°C , а также закаливания в температурном диапазоне $-20\dots-40^{\circ}\text{C}$. Изучен характер изменения соотношения между свободной и вымороженной водой в мороженом при технологически значимых температурах.

Ключевые слова: криоскопическая температура, вымороженная вода, мороженое

Криоскопическая температура (t_{kp}) смесей мороженого является одной из основных физических характеристик, которые определяют технологические режимы процесса фризерования и хранения готового продукта [1].

В смесях мороженого вода вымораживается в виде кристаллов льда, за счет чего в остатке воды концентрация лактозы, сахарозы и минеральных солей существенно повышается. Подобное концентрирование веществ с низкой молекулярной массой в водной фазе смесей и насыщение их воздухом позволяет перемешивать мороженое во фризере и употреблять его.

Также важную роль в формировании структуры мороженого, особенно при колебаниях температурных режимов его хранения, играет рекристаллизация кристаллов льда [2].

Поведение водной фазы в мороженом типового состава довольно детально изучено многими ученими [3, 4, 5], однако использование в его составе новых видов влагосвязывающих ингредиентов требует дополнительных исследований.

Авторами были разработаны оригинальные рецептуры мороженого на молочной основе с растительными компонентами – зародышами пшеницы, овсяной мукой и овсяным толокном, тыквенным и яблочным пюре. Содержание сухих веществ зерновых компонентов и плодовоощных пюре в смесях составляло не менее 3 % при соблюдении типового химического состава для молочного мороженого, %: молочного жира – 3,5; сахара – 15,5; сухого обезжиренного молочного остатка – 10. В качестве классического вида было изучено мороженое молочное, содержащее 0,6 % стабилизационной системы Cremodan (производства фирмы Danisco, Дания). Предварительные исследования смесей показали целесообразность повышения количества в них сахара до 15,5 % для увеличения общего содержания сухих веществ, что положительно влияло на физико-химические показатели мороженого.

Целью исследований являлось изучение степени и интенсивности льдообразования в мороженом новых видов для разработки рекомендаций по его низкотемпературной обработке.

Криоскопическую температуру смесей мороженого определяли с помощью измерительного комплекса, разработанного учеными кафедры теплоэнергетики и холодильной техники

Национального университета пищевых технологий (г. Киев) [6]. Долю вымороженной воды определяли на основе закона Рауля расчетным методом [7].

Криоскопическая температура смеси мороженого молочного со стабилизационной системой составляла $-2,61^{\circ}\text{C}$. Для мороженого с зернопродуктами самая низкая криоскопическая температура была зафиксирована для смесей с пшеничной мукой ($-2,4^{\circ}\text{C}$) и пшеничными зародышами ($-2,38^{\circ}\text{C}$), а менее эффективными по влиянию на этот показатель оказались зернопродукты из овса ($-2,30\dots-2,32^{\circ}\text{C}$). Криоскопическая температура мороженого молочно-тыквенного и молочно-яблочного составляла $-2,66$ и $-2,75^{\circ}\text{C}$, а тыквенного и яблочного снижалась до значений $-2,82$ и $-2,90^{\circ}\text{C}$, в первую очередь, за счет высокого содержания сахара (26 %).

По криоскопическим температурам исследуемых смесей мороженого, было рассчитано содержание вымороженной воды в мороженом при отрицательных температурах в интервале значений $-5\dots-40^{\circ}\text{C}$. Подобные расчеты являются весьма важными, поскольку в смесях и мороженом в течение всего технологического процесса постоянно изменяется соотношение между вымороженной и невымороженной водой, что существенно влияет на формирование физико-химических показателей готового продукта. Анализ содержания вымороженной воды в новых видах мороженого, в сравнении с мороженым традиционного химического состава, дает возможность определить те образцы, которые наиболее подвергаются риску возникновения широко распространенного порока этого продукта – песчанистой и ледянистой структуры. При высоком содержании вымороженной воды в мороженом, медленном закаливании и, особенно, при нарушениях режимов хранения, в продукте могут происходить процессы рекристаллизации водной фазы, существенно снижающие его потребительские свойства.

Рассчитанное количество вымороженной воды в мороженом при различных температурах представлено в табл.1.

Таблица 1. Содержание вымороженной воды в мороженом различного химического состава (%)

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Вид мороженого									
	Молочное со стабилизационной системой	Молочное с пшеничной мукой	Молочное с овсяной мукой	Молочное с овсяным толокном	Молочное с пшеничными зародышами	Молочное с яблочным пюре	Молочное с тыквенным пюре	Яблочное	Тыквенное	
-5	47,8	52,0	54,0	53,6	52,4	45,0	46,8	42,0	43,6	
-10	73,9	76,0	77,0	76,8	76,2	72,5	73,4	71,0	71,8	
-15	82,6	84,0	84,7	84,5	84,1	81,7	82,3	80,7	81,2	
-20	86,9	88,0	88,5	88,4	88,1	86,2	86,7	85,5	85,9	
-25	89,6	90,4	90,8	90,7	90,5	89,0	89,4	88,4	88,7	
-30	91,3	92,0	92,3	92,3	92,1	90,8	91,1	90,3	90,6	
-35	92,5	93,1	93,4	93,4	93,2	92,1	92,4	91,7	91,9	
-40	93,5	94,0	94,2	94,2	93,9	93,1	93,3	92,7	92,9	

Сравнительный анализ степени вымораживания воды для исследуемых образцов дает возможность определить лучшие из них, с точки зрения формирования гомогенной кремообразной структуры. Таковыми являются: мороженое молочное со стабилизационной системой; молочное с плодовоощными пюре; плодовоощное.

Зависимость массовой доли вымороженной воды (ω) в мороженом некоторых видов от обратной величины температуры ($-1/t$) представлена на рис. 1.

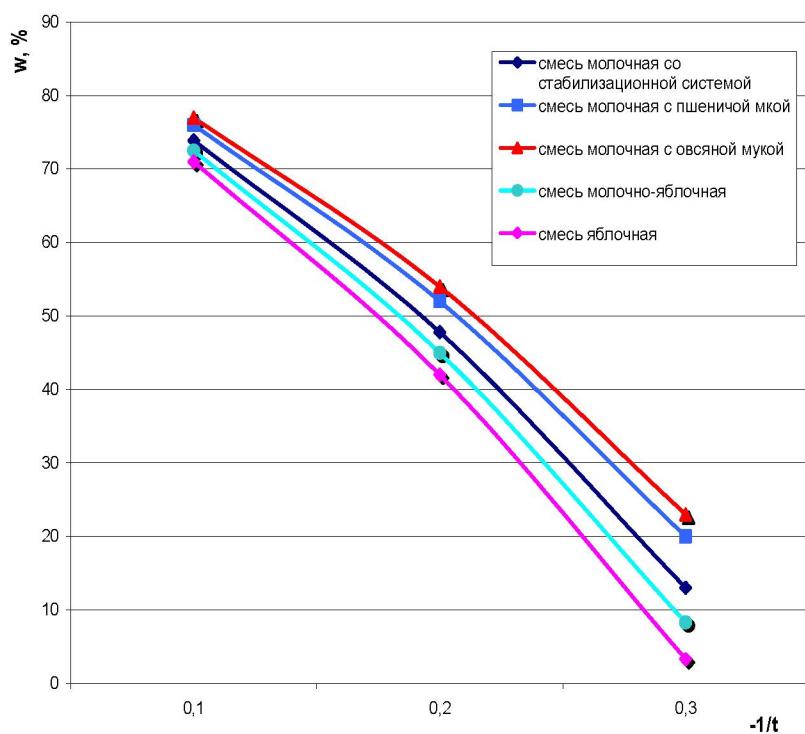


Рис. 1. Содержание вымороженной воды в мороженом различного химического состава в зависимости от обратной величины температуры

Сравнительный анализ эффективности кристаллизации мороженого различного химического состава позволяет утверждать, что наиболее технологически функциональным является пектиносодержащее плодоовощное сырье, существенно снижающее криоскопическую температуру смесей. Можно также предположить, что углеводосодержащее сырье также может частично выполнять влагосвязывающую функцию, в сравнении со стандартными стабилизационными системами, и, таким образом, снижать потребность в них. Данное утверждение требует дополнительных научных исследований.

Для более детального изучения характера изменения состояния водной фазы на примере некоторых видов мороженого (молочного со стабилизационной системой, молочного с пшеничной мукой, молочно-овсяного, молочно-яблочного, яблочного) была изучена интенсивность льдообразования в мороженом при различных температурах (рис. 2). Данный показатель иллюстрирует увеличение количества вымороженной воды от ее общего количества в процессе снижения температуры мороженого через каждые 5 °C.

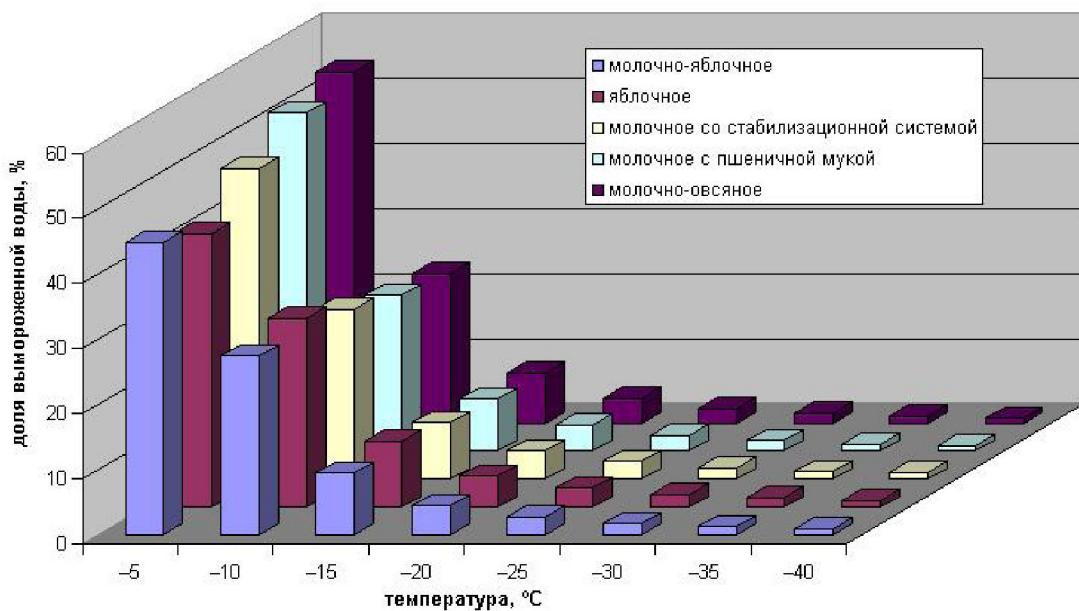


Рис. 2. Интенсивность льдообразования в мороженом различных видов

Сравнение интенсивности вымораживания воды при различных температурах дает возможность отметить практически одинаковый характер изменения этого показателя для всех видов мороженого. Наиболее эффективно вода вымораживается в процессе фризерования смесей – в температурном интервале от криоскопических температур до -5°C . В этих условиях в яблочном мороженом с наиболее низкой криоскопической температурой вымораживается до 42 % воды, а в молочном с овсяной мукой – до 54 %. Существенная часть воды (до 23...29 %) продолжает вымораживаться по достижении мороженым температуры на уровне -10°C . Дальнейшее изменение этого показателя в температурном интервале от -30 до -35°C незначительно и составляет 1,1...1,8 %, а при -40°C для большинства видов – менее 1 %. Таким образом, очевидной является необходимость быстрого охлаждения мягкого мороженого исследуемых видов, выходящего из фризера, до температуры не выше -10°C , а также подтверждается целесообразность режима закаливания мороженого на современных поточных линиях в интервале температур от -30 до -40°C . При этом, более жесткие температурные режимы закаливания должны применяться, в первую очередь, к мороженому с низкой криоскопической температурой – молочному со стабилизационной системой, плодово-вощенному, молочному с плодово-вощными пюре.

Таким образом, проведенные исследования дают возможность уточнить температурные режимы фризерования, охлаждения и закаливания для новых видов мороженого различного химического состава, что будет учтено при разработке технологических схем их производства.

Выводы

1. Плодово-вощное сырье проявляет большую технологическую функциональность, в сравнении с зерновыми ингредиентами, при этом вымороженной воды в мороженом с яблочным и тыквенным пюре на начальной стадии замораживания меньше в среднем до 10 %.

2. Интенсивность льдообразования для всех видов мороженого сохраняет одинаковый характер и является максимальной в интервале температур от криоскопических до -10°C .

3. Подтверждена целесообразность быстрого охлаждения мягкого мороженого новых видов до температуры -10°C , а также закаливания в температурном диапазоне от -20 до -40°C .

ЛИТЕРАТУРА

1. Flores, A. A., and H. D. Goff. 1999. Ice crystal size distributions in dynamically frozen model solutions and ice cream as affected by stabilizers. *J. Dairy Sci.* 82: 1399-1407.
2. Flores, A. A., and H. D. Goff. 1999. Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers. *J. Dairy Sci.* 82: 1408-1415.

3. Goff, H. D. 1999. Water crystallization and recrystallization in ice cream. *Rencontres AGORAL 1999*, TEC and DOC, Paris, pp. 147-160.
4. Hartel R.W. Mechanisms and kinetics of recrystallization in ice cream // *The Properties of Water in Foods / Reid D.S., ed. ISOPOW VI.* - London: Blackie Academic & Professional, 1998. - P. 287-319.
5. Оленев Ю.А., Творогова А.А., Казакова Н.В., Соловьева Л.Н. Справочник по производству мороженого. – М.: ДелоЛи прінт, 2004. – 798 с.
6. Потапов С.Г., Масліков М.М. Лабораторна установка для безперервного контролю та реєстрації параметрів газового середовища // Наукові праці НУХТ. – 2009. – №29. – С. 78-80.
7. Лепченко М.Е. Особенности определения холодильной нагрузки при производстве мороженого // Мороженое и замороженные продукты. - №1 – 2001. – С. 22-23.

B.G. Yesperova¹, G.E. Polishchuk², M.M. Maslikov², D.Yu. Prasolov³

DETERMINATION OF FROZEN OUT WATER IN ICE CREAM MIXTURE
WITH DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION

Summary

Have been Investigated the extent and efficiency of ice formation in new species of ice cream. Studied the character of changes in the relationship between free water and frozen out in ice cream under technologically important temperatures.

1. Есперова Б. Ж. доцент, к.с.х.н.
2. Полищук Г. Е. доцент, к.т.н. Национальный Университет Пищевых Технологий, г. Киев, Украина
3. Масликов М. М. доцент, к.т.н.
4. Прасол Д. Ю. доцент, к.т.н., Национальный Университет Биотехнологии и Природопользования, г. Киев, Украина