

ЗГУРСЬКИЙ А.В., аспірант, **ПОЛЩУК Г.Є.,** канд. техн. наук, доцент,
КОВАЛЕВСЬКА Є.І., канд. техн. наук, доцент, **КРАПИВНИЦЬКА І.О.,** канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЛОЧНО-ОВОЧЕВИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

Досліджено реологічні характеристики молочно-овочевих сумішей для виробництва морозива з метою встановлення рекомендованих значень сухих речовин пектиновмісної сировини порівняно з типовими сумішами для морозива молочного та пломбіру. Визначено характер структуроутворення в молочно-овочевих системах за рахунок дії складових компонентів рослинної сировини.

Ключові слова: овочева сировина, пектинові речовини, структуроутворення, морозиво молочно-овочево.

In order to determine the recommended amount of solid in pectine-containing material, reological properties of milk-vegetable ice-cream mixes were investigated and compared with the same properties of traditional ice-cream mixes. It was established the structure formation character of milk-vegetable systems caused by the influence of raw material components.

Key words: vegetable, pectines, structure formation, milk-vegetable ice-cream.

Реологічні методи відіграють важливу роль у вивченні сумісної дії фізико-хімічних і механічних факторів при формуванні та регулюванні структурно-механічних властивостей харчових дисперсних систем різного роду безпосередньо під час технологічного процесу. Раціональним в фізико-хімічному сенсі вважається такий стан дисперсних систем на певній стадії технологічного процесу, при якому досягається його максимальна інтенсивність і найвища якість готової продукції.

Морозиво - одна з найскладніших харчових дисперсних систем, дисперсну фазу якої складають бульбашки повітря, жирові кульки, білкові макромолекули, а дисперсійне середовище - кристалічна водна фаза [1]. Формування та стабілізацію фізичних характеристик морозива (збитість та опір до танення, дисперсність повітряної фази) у значній мірі обумовлює в'язкість багатокомпонентних сумішей перед фризюванням.

На реологічні характеристики сумішей, в свою чергу, впливають: хімічний склад (масові частки стабілізатору, білків, жирових компонентів, вуглеводів та ін.), гідратаційні властивості високомолекулярних сполук, зміна їх фізичних характеристик та технологічних властивостей у виробничому циклі оброблення, режими технологічного оброблення (температура пастеризації, тиск гомогенізації, температура та тривалість визрівання, фризювання, загартування та зберігання) [2]. З підвищенням в'язкості сумішей опір до танення морозива та збитість збільшуються, але до певного ступеню структуроутворення системи. При цьому швидкість збивання зменшується, що дає підставу рекомендувати відносно низьку в'язкість для швидкого фризювання сумішей на поточних лініях.

Враховуючи вказане вище, очевидно є необхідність рекомендувати проведення контролю в'язкості сумішей залежно від способів виробництва морозива. Одним із найвпливовіших факторів, який визначає в'язкість подібних сумішей, є вид та властивості стабілізатора. Дія стабілізатора виявляється у зв'язуванні ним вільної води і підвищенні в'язкості суміші, завдяки чому збільшується збитість продукту

та дисперсність повітряної фази, а також знижується дестабілізація жирової фази морозива [3]. Тому системи, що вміщують стабілізатор, мають високу здатність чинити опір зростанню кристалів льоду та, відповідно, швидкому таненню.

Традиційними стабілізаторами природного походження для виробництва морозива є: агар, каррагенан, камеді, крохмаль, желатин, пектин та ін. Найдоступнішим, біологічно цінним та технологічно ефективним з них є пектин різного походження та ступеню оброблення. Оскільки в Україні виробництво пектину та інших стабілізаторів для виробництва морозива не налагоджено, на підприємствах галузі застосовують високоочищені харчові добавки провідних європейських виробників (Danisco, Hg. Hansen та ін.), що суттєво впливає на собівартість готової продукції.

Структура і хімічний склад пектинових речовин визначають їх властивості і характер взаємодії з іншими сполуками. Пектинові речовини, вилучені з рослинних тканин, характеризуються: молекулярною масою, ступенем метоксилування, вмістом ацетильних і карбоксильних груп. Ці характеристики в значній мірі залежать від виду сировини і методів їх вилучення та подальшого оброблення [4].

До основних фізико-хімічних властивостей пектинових речовин відносять: розчинність, здатність утворювати драгли і вступати в реакцію з іонами металів, що в значній мірі визначається співвідношенням в їх молекулах вільних і естерифікованих карбоксильних груп. Драглеутворювальні властивості пектинів, в свою чергу, залежать від їх молекулярної маси, ступеня етерифікації, вмісту функціональних груп в молекулі, кількості баластних речовин в пектині, концентрації цукру, температури і рН середовища [4]. Отже, функціонально-технологічні властивості пектину залежать від багатьох факторів, які слід враховувати при реалізації інноваційних технологічних рішень, що базуються на застосуванні пектиновмісної сировини. В подібній сировині під цілеспрямованим впливом технологічних режимів оброблення авторами запропоновано активізувати пектинові речовини шляхом часткової деструкції протопектину зі збільшенням вмісту розчинного пектину до кількості, що забезпечує формування та стабілізацію структури дисперсних харчових мас. Отже, при розробленні нових видів морозива з пектиновмісною сировиною, зокрема, морозива молочно-овочевого, в першу чергу необхідно дослідити структурно-механічні характеристики сумішей з комбінованим складом сировини та роль й природу взаємодії складових компонентів у формуванні показників якості продукту.

Метою науково-дослідної роботи є визначення рекомендованої кількості сухих речовин овочевої сировини (у тому числі пектинових речовин) для досягнення заданих реологічних характеристик сумішей молочно-овочевого морозива.

Завданнями проведених досліджень є:

- виявлення ролі окремих складових компонентів сумішей у формуванні їх реологічних характеристик;

- встановлення рекомендованого вмісту пектиновмісної сировини у сумішах для одержання морозива відповідно до сучасних нормативних вимог.

Для реалізації визначеної мети у якості пектиновмісного компоненту авторами обрано сировину з гарбуза як одну з найбільш перспективних для виробництва морозива як за органолептичними показниками, біологічною цінністю, так і за високим вмістом пектинових речовин. При виконанні встановлених завдань використовували наступну сировину з гарбуза:

- пюре зі свіжого гарбуза, який відповідає вимогам ДСТУ 3190-95 «Гарбузи продовольчі свіжі. Технічні умови» (містить 8...14 % сухих речовин залежно від пори року та способу зберігання);

- порошок з гарбуза відповідно до ТУ У 15.3-05417118.024-2002, отриманий за допомогою конвективно-вакуумного сушіння (вологість 6...8 %).

Вміст пектинових речовин: у свіжому гарбузі від загальної маси сухих речовин становить 8...13 %, у порошку з гарбуза – 6...10 % від загальної маси сухих речовин. Вміст бета-каротину коливається у межах 8...15 та 60...130 мг% відповідно [5].

Дослідження реологічних характеристик сумішей для морозива було проведено на віскозиметрі „REOTEST II” в системі співвісних циліндрів (S/S1) за температури 4 ± 2 °C та градієнту швидкості в діапазоні 1,5...654 c^{-1} .

Авторами попередньо було досліджено ступінь зв'язування вологи стабілізаторами та іншими складовими компонентами сумішей морозива. Виявлено, що застосування пектиновмісної сировини дає змогу одержувати морозиво зі збитістю 100 ± 20 % та високим опором до танення (45 хв і більше) без додаткового внесення стабілізаторів або стабілізаційних систем. Доведено, що технологічні режими теплового та механічного оброблення сировини з гарбуза, прийняті у виробництві морозива, спричинюють часткову деструкцію протопектину, внаслідок чого вміст водорозчинного пектину у сумішах збільшується. Розчин-

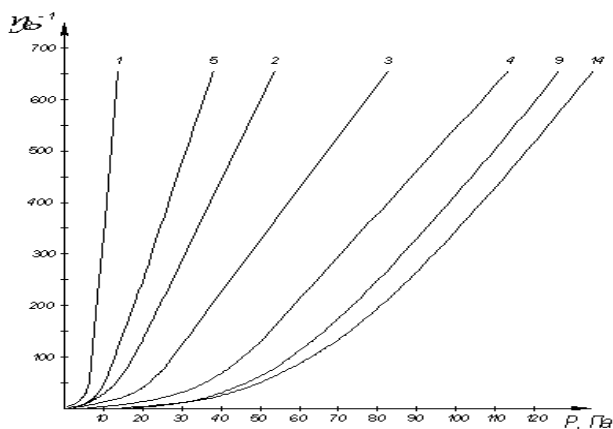


Рис. 1. Реологічні криві плинності контрольних сумішей морозива. (Позначення ліній на рисунку відповідає нумерації зразків)

ний пектин у сукупності з іншими складовими овочевої сировини, дає змогу одержати морозиво із норма-

тивними органолептичними та фізико-хімічними показниками [6].

Для з'ясування механізму формування і стабілізації структури морозива необхідно дослідити роль у цих процесах водорозчинного пектину та інших складових компонентів сумішей, які, в свою чергу, можуть впливати на реологічні характеристики багатокомпонентних сумішей.

За попередньо розробленими рецептурами морозива молочного-овочевого було виготовлено дослідні зразки сумішей. Для порівняння обрано типові рецептури морозива молочного та пломбіру з стабілізатором «Кремодан» (фірма «Danisco», Данія) та без нього. Також у якості контрольного зразка обрано систему, що вміщують пектин зі ступенем етерифікації 40...45 % («Pektowin», Польща) у кількості 0,25 %.

Вміст сухого пектину та ступінь його етерифікації співвідносяться за цими показниками з такими для пектину, внесеному у молочно-овочеві суміші разом із 5 % сухих речовин гарбуза.

Позначення досліджуваних зразків наведено нижче:

Зразок №1. Суміш молочна без стабілізатора (м. ч. жиру 3 %, м. ч. цукру 14 %, м. ч. СЗМЗ 10 %).

Зразок №2. Суміш пломбірна без стабілізатора (м. ч. жиру 15 %, м. ч. цукру 14 %, м. ч. СЗМЗ 10 %).

Зразок №3. Суміш молочна з стабілізатором (м. ч. жиру 3 %, м. ч. цукру 14 %, м. ч. СЗМЗ 10 %, м. ч. стабілізатора 0,5 %).

Зразок №4. Суміш пломбірна з стабілізатором (м. ч. жиру 15 %, м. ч. цукру 14 %, м. ч. СЗМЗ 10 %, м. ч. стабілізатора 0,5 %).

Зразок №5. Суміш молочна з пектином (м. ч. жиру 3 %, м. ч. цукру 14 %, м. ч. СЗМЗ 10 %, м. ч. пектину 0,25 %).

Зразки № 6-10. Морозиво молочно-овочеве (м. ч. жиру 3 %, м. ч. цукру 14 %, м. ч. СЗМЗ 10 %) з вмістом пюре з гарбуза за сухими речовинами 2, 3, 4, 5, 6 % відповідно.

Зразки №11-15. Морозиво молочно-овочеве (м. ч. жиру 3 %, м. ч. цукру 14 %, м. ч. СЗМЗ 10 %) з вмістом порошку з гарбуза за сухими речовинами 2, 3, 4, 5, 6 % відповідно.

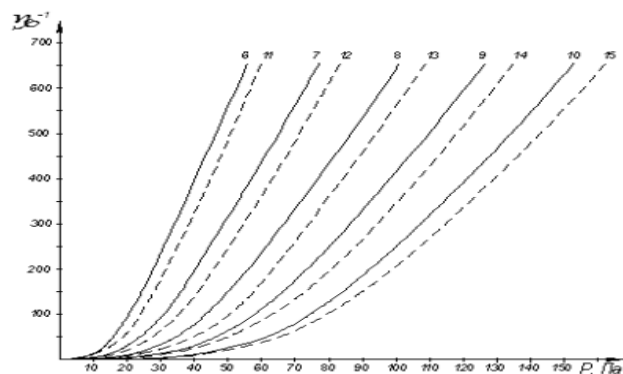


Рис. 2. Реологічні криві плинності молочно-овочевих сумішей. (Позначення ліній на рисунку відповідає нумерації зразків)

Реологічні криві плинності для зразків № 1-5 та зразків № 6-15 наведено на рис.1 та рис. 2 відповідно.

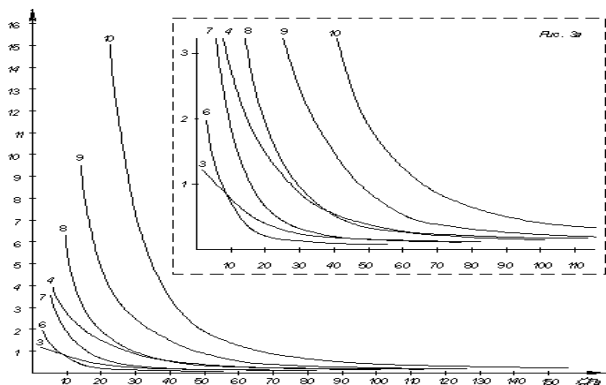


Рис. 3. Реологічні криві в'язкості молочних та молочно-овочевих сумішей з свіжим гарбузом. (Позначення ліній на рисунку відповідає нумерації зразків.

На рис. 3а криві в'язкості наведено за збільшеного масштабу за віссю Y)

На рис.3 представлено криві в'язкості для зразків 3, 4, 6-10 для вибору допустимих значень ступеню структуроутворення у досліджуваних системах порівняно з молочною та пломбірною сумішами з стабілізатором.

За отриманими залежностями розраховано основні реологічні характеристики досліджуваних систем (табл.).

порошком з гарбуза практично однакові за однакового вмісту сухих речовин вказаної сировини (різниця складає в середньому 14,8, 12,9, 9,6 % відповідно). Молочна суміш (з пектином і з стабілізатором) та пломбірна суміш з стабілізатором характеризуються нижчими значеннями динамічної межі здатності до плинності та міцності структурного каркасу, ніж для сумішей молочно-овочевих.

Міцність структурних зв'язків (R_{K1} / R_{K2}) для структурованих рідин незначна і практично наближається до 0. Для контрольних зразків молочних та пломбірних сумішей із стабілізатором міцність структурних зв'язків знаходиться у межах 0,050...0,149, а для молочно-овочевих сумішей збільшується від 0,107 до 0,315 при відповідному збільшенні вмісту сухих речовин гарбуза. Це можна пояснити надлишковим зміцненням водних прошарків, які з'єднують просторовий каркас систем. При зневоднюванні коагуляційних молочно-рослинних систем внаслідок збільшення овочевого компонента на фоні утворення просторового каркасу із залишків рослинної тканини, їх міцність підвищується, зникає відновлюваність та пластичність, підвищується механічна міцність, крихкість та пружність. Виявлений ефект зумовлює утворення кристалізаційно-конденсаційної структури, яка є небажаною, оскільки може призвести до зниження збитості та занадто щільної структури морозива. Тобто, надлишок сухих речовин гарбуза (більше 5 %) або їх нестаток (менше 3 %) не забезпечує належного формування та

Таблиця

Реологічні характеристики досліджуваних систем

№ зразка	η_m , мПа·с	η_0 , мПа·с	$\eta_m - \eta_0$, мПа·с	R_{K1} , Па	R_{K2} , Па	R_m , Па	R_{K1}/R_{K2}	R_m/R_{K1}	R_r
1	264,4	20,8	243,6	0	5,78	6,37	0	-	1,94
2	793,3	81,6	711,7	0	11,3	17,95	0	-	3,33
3	1190,0	126,1	1063,9	1,19	17,71	26,8	0,05	22,52	8,73
4	3966,6	173,2	3793,4	5,64	34,4	49,79	0,149	9,06	17,06
5	793,3	58,0	735,3	0	8,88	14,46	0	-	3,33
6	1983,3	84,3	1899,0	1,63	15,2	24,5	0,107	15,03	6,05
7	4363,3	154,2	4209,1	3,97	23,7	34,9	0,167	8,79	11,03
8	6743,3	154,2	6589,1	7,5	36,0	57,2	0,208	7,62	17,2
9	9520,0	192,3	9327,7	13,35	50,63	77,19	0,263	5,78	25,5
10	15470,0	237,6	15232,4	19,44	64,68	92,18	0,3	4,74	32,9
11	2776,6	90,7	2685,9	2,58	18,86	29,46	0,136	11,43	6,23
12	3173,6	134,1	3039,5	5,36	28,7	42,5	0,186	7,92	12,16
13	6346,6	166,0	6180,6	10,4	43,5	65,4	0,24	6,28	20,06
14	10313,3	206,0	10107,3	16,42	58,44	86,74	0,28	5,28	29,2
15	17056,6	247,6	16809,0	22,4	71,11	103,21	0,315	4,6	35,8

Встановлено, що характер реологічних кривих плинності для зразків №1, 2 та 5 дозволяє віднести їх за типом структури до структурованих рідин ($R_{K1}=0$). В той же час всі інші зразки можуть бути віднесені до структурованих твердодіібних тіл ($R_{K1}>0$). Зразки №1, 2, 5 мають найменш розвинену структуру, а найбільші значення цього показника характерні для зразків №10, 15. Різниця значень ефективної в'язкості ($\eta_0 - \eta_m$) для структурованих рідин становить 243,6...735,3 мПа·с, а для структурованих твердодіібних тіл – 1063,9...16809,0 мПа·с. При цьому міцність систем (R_{K1}) збільшується приблизно у 1,5...2,0 рази з кожним додатково внесеним відсотком сухих речовин гарбуза, що свідчить про виняткову роль останніх у формуванні характеристик структури.

Динамічна межа здатності до плинності (R_{K2}), міцність структурного каркасу надмолекулярних зв'язків (R_m) та пружна деформація (R_r) для систем зі свіжим гарбузом та

стабілізації структури морозива. Система, що вміщує високоочищений низькомоетоксильований пектин, порівняно зі зразками з сухими речовинами гарбуза, не забезпечує у достатній мірі її структурування. Це свідчить про переважаючу роль у формуванні міцностних характеристик молочно-овочевих сумішей нерозчинного пектину, а подрібнених часточок рослинної сировини, що складаються з целюлози, геміцелюлоз та ін., які за рахунок активного утворення численних низькоенергетичних зв'язків як між собою, так і з білками молока й обумовлюють необхідний технологічний ефект.

Отже, для утворення структурного каркасу сумішей, необхідного для формування і стабілізації структури молочно-овочевого морозива, доцільно застосувати сировину з гарбуза в якості стабілізаційного компоненту у кількості 3...5 % (за сухими речовинами). Одержані результати потребують продовження досліджень у напрямку виявлення

природи та закономірностей формування фізико-хімічних характеристик готового продукту у встановлених межах вмісту сухих речовин гарбуза.

Висновки:

1. Молочні (з стабілізатором) та молочно-овочеві суміші можуть бути віднесені до структурованих твердо-подібних тіл.

2. В молочно-овочевих сумішах структурування відбувається за рахунок спільної дії розчинних пектинових речовин та нерозчинних часточок тканин гарбуза.

Рекомендовано 3...5 % сухих речовин овочевого компонента, яка забезпечує належні реологічні характеристики молочно-овочевих сумішей для виробництва морозива.

Поступила 06.2011

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник [Текст] / Под ред. Ю.А.Мачихина. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 271 с.
2. Оленев, Ю.А. Справочник по производству мороженого [Текст] / Ю.А. Оленев, А.А. Творогова, Н.В. Казакова, Л.Н. Соловьева. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
3. Василенко, З.В. Плодоовощные пюре в производстве продуктов [Текст] / З.В. Василенко, В.С. Баранов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 125 с.
4. Донченко, Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов [Текст] / Л.В. Донченко. – М.: ДеЛи принт, 2000. – 255 с.
5. Садыгов, К.Д. Использование и переработка тыквы [Текст] / К.Д. Садыгов, Ю.М. Дажикаев, Э.Г. Сарыев, Н.В. Остапчук. – Одесса, 1993. – 90 с.
6. Поліщук, Г.С. Вплив режимів термомеханічного оброблення на стан води в рослинній сировині та молочно-рослинних сумішах [Текст] / Г.С. Поліщук, А.В. Згурський, В.А. Михайлик, О.С. Парняков // Наукові праці Національного університету харчових технологій – № 33. – 2010 р., С.71-74.

Требования к оформлению материалов для журнала «Пищевая наука и технология»

К статье прилагаются: письмо о направлении в печать; рецензия. На отдельной странице приводятся сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полностью) на языке статьи и английском языке, ученая степень и звание, должность, полное название организации, вуза или предприятия, их почтовый адрес, адрес для переписки (с указанием почтового индекса), контактные телефоны (с указанием кода города), факс, E-mail.

Текст статьи на украинском, русском или английском языке принимается в электронном виде (на дискете 3,5 или CD диске). Прилагается также бумажный вариант статьи, подписанный авторами. Материал должен быть подготовлен:

- ❖ в Microsoft Word 2000 или его более поздних версиях без форматирования;
- ❖ шрифт Times New Roman, стиль – обычный, шрифт – 10 п. (кроме назв. статьи);
- ❖ интервал – одинарный, поля – 20 мм со всех сторон; колонтитулы – 1,0 см.
- ❖ объем научных статей не менее 3 и не более 6 страниц компьютерного текста;
- ❖ язык издания – украинский, русский или английский.

Текст статьи должен отвечать такой структуре:

- ❖ УДК в верхнем левом углу страницы;
- ❖ через 10 пунктов полужирным шрифтом фамилии и инициалы авторов, ученые степени, звания и должности, ниже – полное название организации и город;
- ❖ название статьи печатают через один интервал (10 пунктов) большими полужирными буквами по центру страницы шрифтом в 14 пунктов;
- ❖ затем, через 1 интервал печатают аннотацию (7-10 строк на языке статьи и английском), а с новой строки – ключевые слова (не более 8); выравнивание текста по ширине;
- ❖ основной текст статьи печатают через 1 интервал с выравниванием текста по ширине, расстановка переносов – автоматическая.

Основная тематика издания:

- Нутрициология, диетология, проблемы питания;
- Химия пищевых продуктов и материалов; новые виды сырья;
- Технология пищевых производств;
- Контроль качества и безопасность продуктов питания;
- Биопроцессы, биотехнология пищевых продуктов;
- Биологически активные добавки;
- Процессы и оборудование пищевых производств;

- Управление и автоматизация пищевыми производствами;
- Экология и охрана окружающей среды.

Статья излагается в следующей последовательности:

- аннотация, ключевые слова;
- введение;
- материалы и методы;
- результаты и их обсуждение;
- заключение;
- список литературы.

Рисунки, диаграммы, схемы, фотографии, графические изображения выполняются только черно-белыми, диаграммы – в градациях черного. Рисунки, выполненные в графических редакторах, должны быть продублированы отдельными файлами и предоставлены на отдельных страницах, на обороте каждой ставят номер рисунка и название статьи. Иллюстративный материал должен быть представлен в формате JPEG, TIFF, BMP, COR5-9, Excel, Adobe Photo Shop 5 (5,5), (с разрешающей способностью печати 300 dpi).

Размерность физических величин и химических показателей в системе СИ.

Таблицы приводятся в тексте. Названия отдельных граф должны быть короткими, без сокращений. Данные, приведенные в таблице, не должны дублироваться в тексте.

Формулы набираются во встроенном редакторе Microsoft Equation. Шрифты – Symbol (Греческие буквы и Символы), остальные – Times New Roman; начертание: Переменная – наклонная (курсив), остальные – обычные; размеры (пт.): Обычный – 10; Крупный индекс – 7; Мелкий индекс – 6; Крупный символ – 16; Мелкий символ – 10.

Список литературы дается в порядке цитирования, в соответствии с ДСТУ 7.1-2008. Ссылки на источники в тексте в виде номеров в квадратных скобках. В обзорных статьях не более 15 источников, во всех других – не более 8.

Материалы статей проходят обязательное рецензирование. В случае необходимости статья возвращается авторам для доработки. Датой поступления статьи будет считаться дата получения редакцией переработанного варианта.

Редакция оставляет за собой право сокращения и редактирования статей без согласования с авторами.