
I. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 663.674

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КРОХМАЛЬНОЇ ПАТОКИ НА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУМІШЕЙ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

О. О. БАСС;

Г. Є. ПОЛІЩУК, доктор технічних наук, професор
(Національний університет харчових технологій);

О. В. ГОНЧАРУК, кандидат хімічних наук
(Інститут хімії поверхні імені О. О. Чуйка
Національної академії наук України)

Анотація. Метою дослідження є вивчення впливу крохмальної патоки різного ступеня оцукрювання на в'язкісні характеристики сумішей для виробництва морозива вершкового та ароматичного. Предмет дослідження – суміші морозива вершкового та ароматичного із глюкозно-фруктозним сиропом (ГФС), глюкозним сиропом (ІГ-42) і патокою карамельною (ПК) та їх структурно-механічні характеристики. **Методика дослідження.** Реологічні характеристики сумішей визначено за допомогою ротаційного віскозиметра «REOTEST 2.1» з використанням системи співвісних циліндрів S/N у режимі збільшення швидкості зсуву ($\dot{\gamma}$) від 3 до 1312,2 с⁻¹, витримки до рівноважних значень за максимального $\dot{\gamma} = 1312,2$ с⁻¹ і режиму зворотного зменшення до $\dot{\gamma} = 3$ с⁻¹. **Результати.** У процесі дослідження встановлено, що суміші з цукром і патоками ІГ-42 та ГФС виявляють тиксотропні властивості. Натомість, системи з ПК мають здатність не тільки повністю відновлювати структуру, але й виявляють слабкі реопексні властивості, за рахунок чого ефективна в'язкість збільшується в режимі зворотного зменшення швидкості зсуву порівняно з її початковими значеннями. Ступінь оцукрювання патоки у складі сумішей для виробництва морозива значно впливає на її структурно-механічні властивості. **Висновки.** Виявлена властивість цукристих речовин дає можливість регулювати в'язкість сумішей упродовж технологічного процесу виробництва морозива й цілеспрямовано формувати показники якості готового продукту.

Ключові слова: суміші для виробництва морозива, патока крохмальна, ступінь оцукрення, ефективна в'язкість.

Постановка проблеми в загальному вигляді та зв'язок із найважливішими науковими чи практичними завданнями. У формуванні структурно-механічних властивостей сумішей для виробництва морозива

основну роль відіграють гідроколоїди та поверхнево-активні речовини. Цукор і цукристі речовини, зокрема крохмальна патока, також впливають на реологічні властивості сумішей, що є важливим чинником формування

структури готового продукту [1]. Швидкісно-в'язкісні характеристики сумішей можуть змінюватися впродовж технологічного процесу під впливом окремих видів теплового й механічного оброблення (перемішування, пастеризація, гомогенізація, охолодження, визрівання, фризювання), у тому числі механічного впливу під час роботи насосів, гомогенізаторів, дозувальних пристроїв, мішалок шкребкового типу у шнекових камерах фризюрів та ін. [2–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективну в'язкість сумішей морозива різного хімічного складу вивчали Л. Д. Бдуленко, Є. С. Богданов, А. В. Єгоров, В. Л. Косой, Ю. О. Оленев, Т. О. Творогова, В. С. Арбускле та інші, але існуюча інформація характеризується певними протиріччями й потребує додаткових досліджень [1–5].

За рекомендаціями В. Д. Косого та А. В. Єгорова, для сумішей морозива класичних видів за температури 20 °С ефективна в'язкість практично незруйнованої структури за швидкості зсуву $\gamma=3$ для сумішей морозива молочного, вершкового та пломбіру класичних видів має дорівнювати в середньому 200, 600 та 1200 мПа·с відповідно. Для сумішей ароматичного морозива ефективна в'язкість нижча й може досягати в середньому близько 250 мПа·с [4]. Відповідно до вказаних рекомендацій, технологи враховують лише значення ефективної в'язкості практично незруйнованої структури, хоча в технології морозива важливішою є здатність сумішей до швидкого руйнування і відновлення структури в умовах зниження дії руйнівної сили. Так, у процесі виробництва морозива, у період між двома технологічними операціями «фризювання» та «загартування» за зміни структури складної харчової системи від рідиноподібної (суміш для морозива) до практично твердого тіла (загартоване морозиво), суміші мають розріджуватися під дією зовнішніх зсувних зусиль лопатей мішалки у фризюрі для ефективного насичення повітрям із подальшою стабілізацією утвореної пінної структури у статичному стані після формування порцій перед загартуванням. Здатність суміші частково або повністю відновлюватися у сформованій порції підвищує показники якості морозива, особливо за його виробництва на вископотужних потокових лініях [2–5].

Формування цілей статті (постановка завдання). Враховуючи вказане, зрозумілою є необхідність прогнозування в'язкісних характеристик сумішей морозива, зокрема з підсолоджувачами різного хімічного складу. Для цього необхідно дослідити структуровальну здатність патоки з різним декстрозним еквівалентом у складі сумішей морозива. Отже, метою наукового дослідження є встановлення закономірностей впливу крохмальної патоки різного ступеня оцукрювання на реологічні характеристики сумішей для виробництва морозива вершкового та ароматичного. Об'єкт досліджень – технологія морозива. Предмет – суміші морозива вершкового та ароматичного з патокою крохмальною високого (глюкозно-фруктозним сиропом марки ГФС), середнього (глюкозним сиропом марки ПГ-42) й низького ступеня оцукрювання (патокою карамельною ПК) та їх структурно-механічні характеристики.

Авторами вперше досліджено в'язкісні характеристики сумішей для морозива на молочній основі й морозива ароматичного з патоками крохмальними високо-, середньо- і низькооцукреними та проведено порівняльний аналіз отриманих результатів. За результатами такого дослідження будуть розроблені рекомендації промисловості щодо раціонального вмісту цукристих речовин у сумішах для виробництва морозива задля формування заданих реологічних характеристик харчових систем різного хімічного складу.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Для проведення дослідження було розроблено рецептури морозива вершкового та ароматичного із крохмальною патокою різного ступеня оцукрювання, відповідно до яких виготовляли багатокомпонентні суміші.

Для порівняння фізико-хімічних показників морозива на молочній основі з патокою як контроль обрано типову рецептуру морозива вершкового з масовою часткою жиру (Ж) – 10 %, сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) – 10 %, цукру (Ц) – 14 %, стабілізаційної системи Cremodan SE 709 – 0,5 % (виробник компанія Danisco, Данія).

Для дослідження морозива на основі цукрових сиропів як контроль обрано суміш

ароматичну типового складу з масовою часткою цукру 28 % та желатином у кількості 0,5 % від загальної маси суміші.

Як підсолоджувач використовували патоку крохмальну різного ступеня оцукрювання (виробник ПАТ «Дніпровський крохмалепатоковий комбінат», м. Дніпровське): патоку карамельну (ПК) згідно з ДСТУ 4498:2005 «Патока крохмальна. Технічні умови»; па-

току (сироп глюкозний) марки ІГ-42 за ТУ У 15.6-32616426-007:2005 «Патока (сиропи глюкозні). Технічні умови»; сироп глюкозно-фруктозний (ГФС) відповідно до ТУ У 15.6-32616426-009:2005 «Сироп глюкозно-фруктозний. Технічні умови».

Указані сиропи й патоки суттєво відрізняються за фізико-хімічними показниками (табл. 1) [1].

Таблиця 1

Органолептичні й фізико-хімічні характеристики патоки крохмальної

Показники	ПК	ІГ-42	ГФС
Органолептичні показники	Однорідна в'язка безбарвна речовина	Однорідна в'язка речовина жовтуватого відтінку	
	Смак солодкий без стороннього присмаку та запаху		
Сухі речовини, % не менше	78,8	76,0	71,6
Редукуючі речовини (ДЕ), % СР, не менше	31,6	41,3	97,7
Глюкоза, % СР	10	16	54
Мальтоза, % СР	20	15	2
Мальтотріоза, % СР	Відсутня	16	1
Вищі цукри, % СР	70	53	1
Фруктоза, % СР	Відсутня	Відсутня	42
Профіль солодкості	30	36	98

Суміші морозива готували за типовими рецептурами та класичною технологічною схемою (пастеризація за температури 85 ± 2 °С упродовж 2-3 хв, охолодження до 4 ± 2 °С, вивірювання впродовж 12-ти год).

В'язкісні характеристики сумішей морозива визначали на ротаційному віскозиметрі «REOTEST 2.1» з вимірювальною системою циліндр-циліндр зняттям кривих кінетики деформації (течії) за температури 20 °С. Вимірювальний циліндр (ротатор) S1 обирали так, щоб градієнтний шар розповсюджувався на всю товщину шару продукту, розміщеного в кільцевому зазорі вимірювального пристрою віскозиметра. Вимірювання напруги зсуву проводили за дванадцятьма значеннями швидкості зсуву $\dot{\gamma}$ в діапазоні від 3 до $1312,2$ s^{-1} послідовно за ступінчастого збільшення швидкостей зсуву, витримання зразків за найбільшої швидкості з подальшим зворотним ступінчастим зменшенням швидкості зсуву.

Досліджувані зразки вершкових та ароматичних сумішей готували із 50 та 100 %-вою заміною цукру на патоку різних марок. Для по-

єднання технологічно-функціональних властивостей патоки високо- та низькооцукреної для одержання помірного ступеня солодкості й високих показників збитості та опору таненню морозива, попередньо було встановлено раціональне співвідношення між ГФС та ПК як 30:70. Склад і позначення контрольних і досліджуваних зразків наведено нижче.

Суміші вершкові (Ж=10 %, СЗМЗ=10 %):

- **контроль 1** (Ц=14 %);
- зразок № 1, 50 %-ва заміна цукру на патоку ІГ-42 (Ц=7 %, ІГ-42=7 %);
- зразок № 2, 100 %-ва заміна цукру на патоку ІГ-42 (ІГ-42=14 %);
- зразок № 3, 50 %-ва заміна цукру на патоку ГФС (Ц=7 %, ГФС=7 %);
- зразок № 4, 100 %-ва заміна цукру на патоку ГФС (ГФС=14 %);
- зразок № 5, 50 %-ва заміна цукру на патоку ПК (Ц=7 %, ПК=7 %);
- зразок № 6, 100 %-ва заміна цукру на патоку ПК (ПК=14 %);
- зразок № 7, 100 %-ва заміна цукру на суміш паток ГФС та ПК за співвідношення

30:70 (ГФС=4,2 %, ПК=9,8 %).

Суміші морозива ароматичного (желатину – 0,5 %, м.ч. підсолоджувача – 28 %):

- **контроль 2** (Ц=28 %);
- зразок № 8, 50 %-ва заміна цукру на патоку ІГ-42 (Ц=14 %, ІГ-42=14 %);
- зразок № 9, 100 %-ва заміна цукру на патоку ІГ-42 (ІГ-42=28 %);
- зразок № 10, 50 %-ва заміна цукру на патоку ГФС (Ц=14 %, ГФС=14 %);
- зразок № 11, 100 %-ва заміна цукру на патоку ГФС (ГФС=28 %);

- зразок № 12, 50 %-ва заміна цукру на патоку ПК (Ц=14 %, ПК=14 %);
- зразок № 13, 100 %-ва заміна цукру на патоку ПК (ПК=28 %);
- зразок № 14, 100 %-ва заміна цукру на суміш паток ГФС та ПК за співвідношення 30:70 (ГФС=8,4 %, ПК=19,6 %).

Визначено динаміку зміни ефективної в'язкості сумішей морозива різного хімічного складу за градієнта швидкості зсуву (γ) в діапазоні від 3 до 1312,2 с⁻¹ за прямої і зворотної зміни швидкості зсуву (табл. 2).

Таблиця 2

Реологічні характеристики досліджуваних систем

Позначення зразків	$\eta_1 (\gamma=3)$, МПа · с	$\eta_2 (\gamma=1312,2)$, МПа · с	$\eta_3 (\gamma=3)$, МПа · с	$\tau^* (\gamma=1312,2)$, с
Вершкові суміші				
Контроль 1	896,9	51,3	782,1	336
1	907,6	51,7	808,4	304
2	919,1	51,5	819,5	318
3	793,5	48,1	674,4	267
4	759,9	47,5	628,9	200
5	967,6	60,6	1 050,1	425
6	1 095,3	64,5	1 234,3	440
7	1 001,7	57,2	1 197,2	370
Ароматичні суміші				
Контроль 2	252,3	6,2	193,5	152
8	269,8	6,6	204,9	141
9	288,6	6,9	217,5	139
10	206,4	5,7	182,3	99
11	191,5	4,8	160,4	83
12	299,1	7,9	342,0	181
13	323,6	9,4	384,5	197
14	291,6	7,8	327,9	185

* τ – час повернення системи до стану рівноваги, с.

Характер руйнування структури досліджуваних харчових систем у процесі вимірювання ефективної в'язкості наведено на рис. 1, 2 на прикладі сумішей вершкових та ароматичних із повною заміною цукру на патоку крохмальну.

Відповідно до результатів дослідження, очевидним є те, що зразки сумішей вершкових та ароматичних контрольні й із патоками ІГ-42 і ГФС виявляють тиксотропні властивості. Для них характерним є поступове руйнування початкової структури та відповідне

зменшення ефективної в'язкості (η_3) порівняно з її початковими значеннями (η_1) у процесі реологічних досліджень. У той же час харчові системи, що містять ПК, здатні не тільки практично повністю відновлювати структуру, але й виявляють слабкі реопексні властивості. Останні виявляються у збільшенні ефективної в'язкості в режимі зворотного зменшення швидкості зсуву (η_3) порівняно зі значеннями η_1 . Крім того, спостерігається певна різниця в часі, упродовж якого ці системи переходять до стану рівноваги.

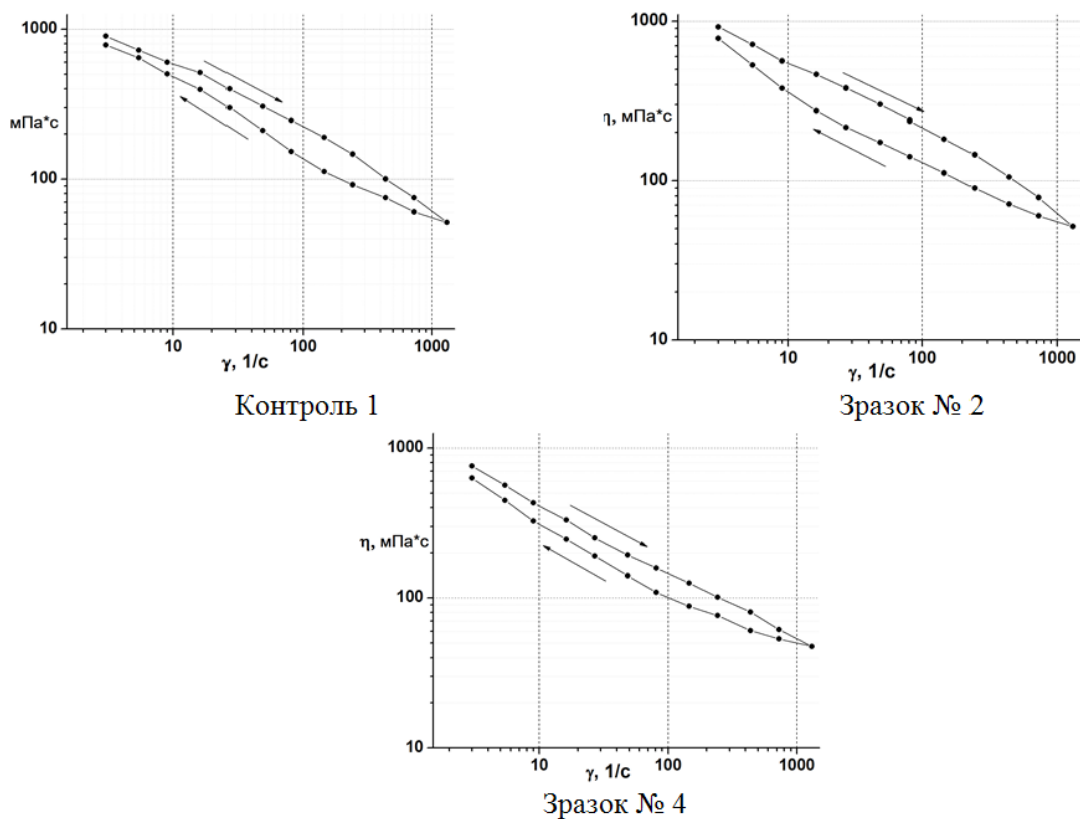


Рис. 1. Динаміка зміни ефективної в'язкості сумішей морозива вершкового у процесі вимірювання

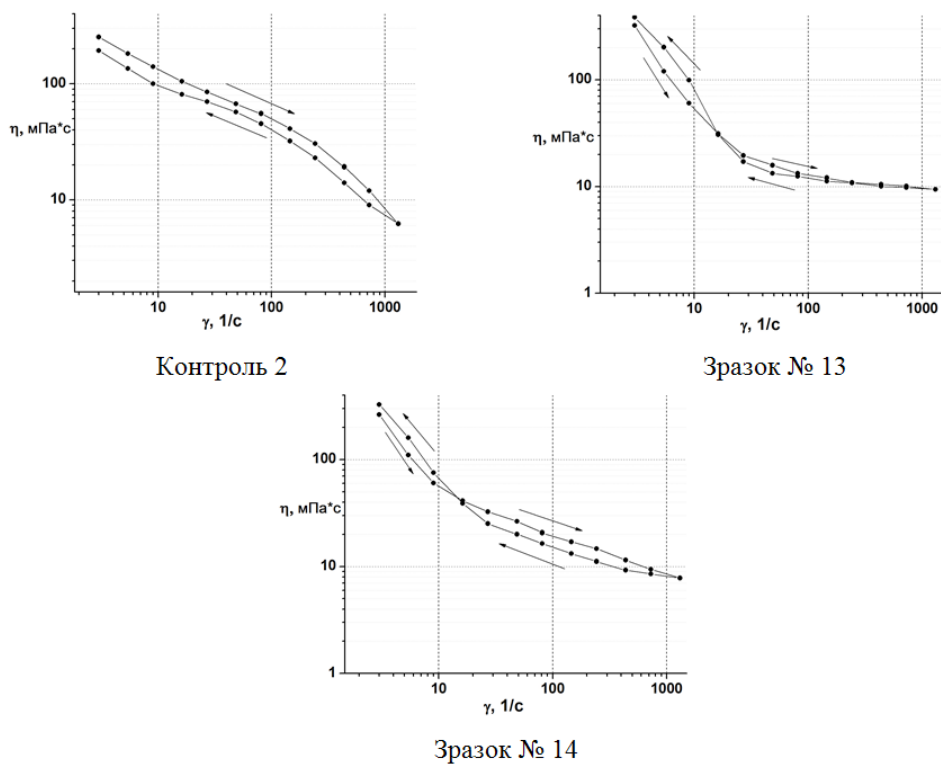


Рис. 2. Динаміка зміни ефективної в'язкості сумішей морозива ароматичного у процесі вимірювання

Використання патоки карамельної підвищує ефективну в'язкість сумішей і покращує здатність до відновлення структури сформованих порцій м'якого морозива перед загартуванням. Виявлений ефект, імовірно, зумовлений присутністю поліцукрів у складі низькооцукреної патоки. У той же час ефективна в'язкість таких сумішей занадто висока, що може спричинювати зниження збитості готового продукту та відповідне формування занадто щільної структури. Отже, повна заміна цукру на ПК, урахувавши її вплив на реологічні властивості суміші для морозива всіх досліджуваних видів, не є доцільною.

Часткова й повна заміна традиційного підсолондужувача на глюкозно-фруктозний сироп, у свою чергу, сприяє зниженню в'язкості суміші та здатності до відновлення її структури, порівняно з контрольним зразком. Зважаючи на хімічний склад даного виду патоки, отриманий ефект можна пояснити значним вмістом моноцукрів у її складі. Тобто, або надлишок полісахаридів, або їх нестаток не забезпечуватимуть належного процесу формування та стабілізації структури морозива.

Харчові системи, що мають переважну кількість поліцукрів у складі ПК, порівняно зі зразками з ГФС, у достатній мірі структуровані, у той же час використання виключно ГФС розріджує їх, знижує опір таненню і надає надлишкового ступеня солодкості готовому продукту. Тому для формування характерної для м'якого морозива структури доцільно застосовувати суміш паток низько- та високооцукрених. Патока середнього ступеня оцукрювання (ІГ-42) незначно впливає на реологічні показники сумішей, порівняно зі зразками з цукром, і може застосовуватися як моноскладова.

Нижча в'язкість сумішей морозива ароматичного, порівняно із сумішами морозива вершкового, пояснюється використанням у якості стабілізатора желатину, який має нижчу структуруючу здатність, порівняно із сучасними стабілізаційними системами.

Отже, виявлена здатність сумішей різного хімічного складу до відновлення зруйнованої структури має практичну значимість, особливо під час виробництва морозива на поточкових екструзійних лініях, що покращуватиме ефективність процесу формування і дозування порцій морозива.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі. Ступінь оцукрювання патоки у складі сумішей морозива значно впливає на їх структурно-механічні властивості. Вміст вищих цукрів у патоці карамельній низького ступеня оцукрювання, на відміну від глюкозно-фруктозного сиропу, що містить переважну кількість моноцукрів, сприяє кращому структуруванню сумішей для виробництва морозива. Суміші з патокою високого (ГФС) й середнього (ІГ-42) ступеня оцукрювання виявляють тиксотропні властивості, а суміші з патокою низькооцукреною (ПК) – слабкі реопексні властивості, що є важливими характеристиками для реалізації технологічного процесу виробництва морозива із застосуванням поточкових ліній. Через надмірну в'язкість сумішей із патокою карамельною й низький опір таненню морозива із глюкозно-фруктозним сиропом, виникає необхідність їх комбінування для формування найкращих фізико-хімічних показників морозива вершкового та ароматичного.

У подальших дослідженнях будуть відкориговані технологічні режими виробництва морозива різних видів з урахуванням визначених реологічних характеристик сумішей із крохмальними патоками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богданов Е. С. Использование глюкозных, мальтозных, глюкозно-фруктозных сиропов (паток) при производстве мороженого / Е. С. Богданов // *Food Technologies & Equipment: пищевые технологии, оборудование, ингредиенты, упаковка*. – 2008. – № 4–5. – С. 54–59.
2. Поліщук Г. Є. Вплив температурного чинника на ефективну в'язкість сумішей морозива / Г. Є. Поліщук, Н. М. Брус, В. В. Мартин // *Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей : програма та матеріали третьої міжнародної науково-технічної конференції*, 25–26 березня 2014 р. – Київ : НУХТ, 2014. – С. 79–80.
3. *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) October. – P. 24–29.
4. Косой В. Д. Инженерная реология в производстве мороженого / В. Д. Косой, Н. И. Дунченко, А. В. Егоров. – Москва : ДеЛи принт, 2008. – 196 с.
 5. Творогова А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование формирования и стабилизации структуры мороженого: дис. доктора техн. наук: 05.18.04 / Творогова Антонина Александровна. – Москва, 2006. – 352 с.
 2. Polischuk, G. E. Vplyv temperaturnogo chynnyka na efektyvnu v'язkist sumishej morozyva / G. E. Polischuk, N. M. Brus, V. V. Martych // Tehnichni nauky: stan, dosiagnennja I perspektyvy rozvytku mjasnoi, oliezhyrovoi ta molochnoi galuzej : programa ta materialy tretjoi mizhnarodnoi naukovoi konferentsii, 25–26 bereznja 2014 r. – Kiyv : NUHT, 2014. – S. 79–80.
 3. 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. – N 83 (10) October. – P. 24–29.
 4. Kosoi, V. D. Inzheernaja reologia v proizvodstve morozhenogo / V. D. Kosoi, N. I. Dunchenko, A. V. Egorov. – Moskva : DeLi print, 2008. – 196 s.
 5. Tvorogova, A. A. Teoreticheskoe I experimentalnoe obosnovanie formirovanja I stabilizatsyi struktury morozhenogo : dys. doktora tehn.nauk : 05.18.04 / Tvorogova Antonina Alexandrovna. – Moskva, 2006. – 352 s.

REFERENCES

1. Bogdanov, E. S. Ispolzovanie glukoznyh, maltoznyh, glukozno-fruktoznyh siropov (patok) pri proizvodstve morozhenogo / E. S. Bogdanov // Food Technologies & Equipment : pischevie tehnologii, oborudovanie, ingredient, upakovka. – 2008. – N 4–5. – S. 54–59.

О. О. Басс; Г. Е. Полищук, доктор технических наук, профессор (Национальный университет пищевых технологий); **Е. В. Гончарук**, кандидат химических наук (Институт химии поверхности имени А. А. Чуйко Национальной академии наук Украины). **Исследование влияния крахмальной патоки на реологические характеристики смесей для производства мороженого.**

Аннотация. Целью исследования является изучение влияния крахмальной патоки различной степени осахаривания на вязкостные характеристики смесей для производства мороженого сливочного и ароматического. Предмет исследования – смеси мороженого сливочного и ароматического с глюкозно-фруктозным сиропом (ГФС), глюкозным сиропом (ИГ-42), патокой карамельной (ПК) и их структурно-механические характеристики. **Методика исследования.** Реологические характеристики смесей определены с помощью ротационного вискозиметра «REOTEST 2.1» с использованием системы соосных цилиндров S/N в режиме увеличения скорости сдвига ($\dot{\gamma}$) от 3 до 1312,2 с⁻¹, выдержки до равновесных значений при максимальном $\dot{\gamma} = 1312,2$ с⁻¹, и режиме обратного уменьшения до $\dot{\gamma} = 3$ с⁻¹. **Результаты.** В процессе исследования установлено, что смеси с сахаром и патоками ИГ-42 и ГФС проявляют тиксотропные свойства. Однако системы с ПК имеют способность не только полностью восстанавливать структуру, но и проявляют слабые реопексные свойства, вследствие чего эффективная вязкость увеличивается в режиме обратного уменьшения скорости сдвига по сравнению с ее начальными значениями. Степень осахаривания патоки в составе смесей для производства мороженого значительно влияет на ее структурно-механические свойства. **Выводы.** Выявленное свойство сахаристых веществ дает возможность регулировать вязкость смесей в течение технологического процесса производства мороженого и целенаправленно формировать показатели качества готового продукта.

Ключевые слова: смеси для производства мороженого, патока крахмальная, степень осахаривания, эффективная вязкость.

O. Bass; G. Polischuk, Doctor of Technical Sciences, Professor (National University of Food Technologies); **E. Goncharuk**, Candidate of Chemistry Sciences (Alexandr Chuiko Institute of Surface Chemistry National Academy of Sciences of Ukraine). **Research of starch syrup influence on rheological characteristics of the mixtures for ice cream production.**

Summary. Purpose. The aim of this investigation is to study the effect of varying degrees of saccharification on the viscosity characteristics of mixtures for the production of ice cream and aromatic cream. The subject of study is a mixture of ice cream and aromatic ice cream with corn syrup of high degree of saccharification (Glucose-fructose syrup – GFS), moderate saccharification (glucose syrup – IG-42) and a low degree of saccharification (molasses caramel – MC) and their structural and mechanical characteristics. **Methods.** The rheological properties of mixtures have been measured by using a rotational viscometer “REOTEST 2.1” with coaxial cylinder S/N system in the mode of increasing the shear rate ($\dot{\gamma}$) from 3 to 1312,2 s⁻¹, exposure to equilibrium values at maximum $\dot{\gamma}$ with subsequent reverse reduction $\dot{\gamma}$ to 3 s⁻¹. **Results.** The study has revealed that mixtures with sugar and starch syrups IG-42 and GFS have the thixotropic properties. On the contrary systems with starch syrups of a low degree of saccharification MC have ability not only fully recover their structure but also they demonstrate weak rheopexy properties, i.e. increase of effective viscosity in the mode of the reverse diminishing of shear rate compare to initial. The degree of saccharification of syrup component of mixtures for ice cream production significantly affects its structural and mechanical properties. The ability of mixtures of different chemical compounds to restore the destroyed structure has a practical significance, especially during the production of ice cream on the stream extrusion lines, which will improve the efficiency of the process of forming and dosage of ice cream portions. **Conclusions.** The observed properties of sugars make it possible to adjust the viscosity of the mixture for ice cream production process and as a result, purposefully to form quality of the finished product.

Keywords: mixtures for ice cream production, starch syrup, the degree of saccharification, effective viscosity.