

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF VEGETABLE PUREE IN THE COMPOSITION OF ICE CREAM MIXTURES

G. Polischuk, V. Sapiga, T. Osmak, I. Shevchenko

National University of Food Technologies

Key words:

Ice cream
Effective viscosity
Thixotropy
Vegetables
Pectin
Hydrolysis

Article history:

Received 21.07.2021
Received in revised form
02.08.2021
Accepted 18.08.2021

Corresponding author:

G. Polischuk
E-mail:
milknuft@i.ua

ABSTRACT

The article analyzes the role of viscosity and velocity characteristics of mixtures in the formation and stabilization of the structure of ice cream. The expediency of using vegetables as functional and technological ingredients in ice cream was proved.

The purpose of scientific research was a comparative analysis of the structuring ability of vegetable purees of different degrees of processing in the composition of ice cream mixtures. The structural ability of vegetable purees fermented and hydrolyzed by thermo acid method in the composition of mixtures of milk and vegetable ice cream, which do not contain a structure stabilizer, was studied. The high structural capacity of pectin-containing purees in the composition of mixtures in the amount of 35% was established, which allows to obtain an effective viscosity within the limits recommended in the technology of ice cream.

Among the studied vegetable purees, mashed carrots, beets, zucchini and broccoli with a high content of soluble pectin, which forms structuring complexes with milk proteins are the most technologically effective. The effective viscosity of the practically undamaged structure of milk-vegetable mixtures with vegetable purees which were hydrolyzed by acid method is slightly higher than mixtures with fermented purees, the content of soluble pectin in which is higher due to the diluting effect of pectinase on fragments of plant cell membranes. The effective viscosity of the restored structure of milk-vegetable mixtures with fermented vegetable purees showed a high thixotropic capacity due not only to the increased content of soluble pectin, but also to the softened plant fibers. Such mixtures can be attributed to systems with a pronounced coagulation structure with the detection of thixotropic properties.

Hydrolyzed vegetable purees in various ways showed a structuring ability, increased the thixotropy of milk and vegetable ice cream mixtures and can reduce the need for structure stabilizers.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТРУКТУРУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ОВОЧЕВИХ ПЮРЕ У СКЛАДІ СУМІШЕЙ МОРОЗИВА

Г. Є. Поліщук, В. Я. Сапіга, Т. Г. Осьмак, І. І. Шевченко

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано роль в'язкісно-швидкісних характеристик сумішей у формуванні та стабілізації структури морозива. Доведено доцільність застосування овочів як функціонально-технологічних інгредієнтів у складі морозива.

Метою наукового дослідження є порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре різного ступеня оброблення у складі сумішей морозива. Досліджено структуруючу здатність овочевих пюре ферментованих гідролізованих термокислотним способом у складі сумішей молочно-овочевого морозива, які не містять стабілізатор структури. Встановлено високу структуруючу здатність пектиновмісних пюре у складі сумішей у кількості 35%, що дає змогу одержувати ефективну в'язкість у межах, рекомендованих у технології морозива.

Серед досліджуваних овочевих пюре найефективнішими з технологічної точки зору є пюре з моркви, буряку, кабачків і броколі за високого вмісту в них розчинного пектину, який утворює структуруючі комплекси з молочними білками. Ефективна в'язкість практично незруйнованої структури молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре, гідролізованими кислотним способом, децю вища за суміші з пюре ферментованими, вміст розчинного пектину в яких вищий, що пояснюється розріджуючою дією пектинази на фрагменти оболонок рослинних клітин. Ефективна в'язкість відновленої структури молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре ферментованими виявляють високу тиксотропну здатність за рахунок не лише високого вмісту розчинного пектину, але й розм'яшених рослинних волокон. Такі суміші можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей.

Гідролізовані різними способами овочеві пюре виявляють структуруючу здатність, підвищують тиксотропність сумішей молочно-овочевого морозива і можуть знижувати потребу в стабілізаторах структури.

Ключові слова: морозиво, ефективна в'язкість, тиксотропність, овочі, пектин, гідроліз.

Постановка проблеми. Морозиво як харчова полідисперсна система потребує особливих умов одержання, зокрема до певного ступеня структурування сумішей перед фризруванням. Суміші морозива виявляють аномалію в'язкості, особливо за низького градієнта зсуву, тому їх відносять до неньютонівських структурованих рідин (Косой & Егоров, 2001; Косой, Дунченко & Егоров, 2008). Ефективна в'язкість є однією з найважливіших властивостей ненью-

тонівських систем, яка змінюється зі зміною швидкості зсуву в результаті поступового руйнування їхньої структури (Матвеєнко & Кирсанов, 2011). Це пояснює закономірності зміни швидко-в'язкісних характеристик сумішей упродовж технологічного процесу виробництва морозива під впливом теплового і механічного оброблення — перемішування, пастеризації, гомогенізації, охолодження, визрівання, фризеравання.

Ефективна в'язкість сумішей морозива суттєво впливає на формування і стабілізацію структури готового продукту і залежить від багатьох чинників: хімічного складу, індивідуальної вологов'язувальної здатності полісахаридів та білків, взаємодії між біополімерами та іншими компонентами сумішей, теплової коагуляції сироваткових білків, ступеня кристалізації жиру та його вмісту, температури, напруження зсуву, що руйнує структурну сітку та агрегати часточок вздовж вектора швидкості та ін. (Syed, Anwar, Shukat & Zahoor, 2018; Adapa, Dingeldein, Schmidt & Herald, 2000). Рекомендовані вченими різних країн світу та в різний час діапазони значень ефективної в'язкості сумішей морозива при 20°C у більшості випадків не збігаються. Це можна пояснити як застосуванням ротаційних віскозиметрів різних марок і різними способами попереднього оброблення сумішей, так і появою принципово нових видів морозива з модифікованим хімічним складом та інноваційними інгредієнтами. Наприклад, за даними W. S. Arbuckle, одержаними ще у 1986 р., в'язкість сумішей морозива класичних видів при 20°C становила від 50 до 150 мПа·с (Arbuckle, 1986). У 2001 р. В. Косой встановив такі рекомендовані середні значення ефективної в'язкості сумішей: 200 мПа·с — для морозива нежирного і низькожирного; 350 мПа·с — для морозива вершкового; 600 мПа·с — для пломбіру; 1230 мПа·с — для пломбіру шоколадного (Косой & Егоров, 2001).

А. О. Творогова довела, що на ефективну в'язкість практично незруйнованої структури визрілих сумішей морозива молочного передусім впливають вміст і вид стабілізатора структури. За її даними в'язкість сумішей різної жирності може коливатися в діапазоні від 394 до 844 мПа·с. (Творогова, Коновалова, Гурский, Базалий & Аврамова, 2016; Творогова, Шобанова, Ландиховская & Закирова, 2018). Сучасні суміші можуть відрізнятися ще більшими значеннями ефективної в'язкості, порівняно зі сумішами традиційного складу, що дає змогу суттєво підвищувати опір таненню морозива (Syed, Anwar, Shukat & Zahoor, 2018; 2018).

Отже, як рекомендовану можна прийняти в'язкість сумішей сучасних видів морозива в межах від 350 до 850 мПа·с, залежно від хімічного складу продукту. За перевищення вказаного діапазону в'язкості сумішами ефективність диспергування повітря у водну фазу під час фризеравання знижується. У свою чергу, занадто низька в'язкість не забезпечує належну стабілізацію утворених дисперсних систем морозива (Syed, Anwar, Shukat, & Zahoor, 2018; Kilara & Chandan, 2008).

Не менш важливою характеристикою, ніж ефективна в'язкість, є здатність сумішей морозива швидко руйнуватися під дією зовнішніх зсувних зусиль під час фризеравання та ефективно відновлювати структуру в статичному стані після формування порцій перед загартуванням (Bass, Polishchuk & Goncharuk,

2017). Вказана здатність відіграє особливу роль під час виробництва морозива на потокових лініях. Тому вивчення в'язкісно-швидкісних характеристик сумішей нових видів морозива та виявлення їх впливу на фізико-хімічні властивості готового продукту є актуальним. Тільки такий підхід надає можливість одержувати морозиво високої харчової цінності з новими функціонально-технологічними інгредієнтами.

До таких інгредієнтів можна віднести пектиновмісну плодово-ягідну та овочеву сировину з підвищеним вмістом розчинного пектину (Chiampo, Tasso, Occelli & Conti, 1996; Alvarez, Cancela, Delgado-Bastidas & Maceiras, 2008; Згурський, Поліщук, Ковалевська & Крапивницька, 2011). Овочі, окрім структуруючої дії у складі харчових систем, є джерелом корисних для здоров'я вітамінів, мінералів, барвних сполук (пігментів), фенольних сполук і харчових волокон (Pavlyuk, Pogarska, Pavlyuk, Pogarskiy, Kakadii, Stukonozhenko, & Telenkov, 2018; Syed, Anwar, Shukat & Zahoor, 2018).

Вміст розчинного пектину в овочевій сировині можна підвищувати не лише шляхом кислотного гідролізу протопектину, але й його ферментативним гідролізом (Sapiga, Polischuk, Breus & Osmak, 2021). Водночас інформація щодо структуруючої і тиксотропної здатності ферментованих овочевих пюре у складі сумішей для виробництва морозива практично відсутня.

Під час реологічних вимірювань молочно-овочевих систем автори будуть керуватися не тільки значеннями найбільшої ефективної в'язкості практично незруйнованої структури, а й здатністю цих систем після граничного руйнування структури самочинно відновлювати її. Таке рішення було прийняте, відповідно до рекомендацій В. Н. Матвеєнко та Є. О. Кірсанова щодо застосування для опису кривих течії, уведених П. О. Ребіндером понять «найбільша в'язкість практично незруйнованої структури» та «найменша в'язкість гранично зруйнованої структури» (Матвеєнко & Кірсанов, 2011). Саме ці поняття і будуть застосовані в дослідженні для опису поведінки сумішей морозива за змінної швидкості зсуву.

Мета дослідження: провести порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре різного ступеня оброблення у складі сумішей морозива.

Матеріали і методи. Для проведення дослідження обрано сорти овочів, які вирощують в Україні: буряк столовий «Делікатесний», броколі «Ягуар», моркву столову «Королева осені», кабачки «Кавілі» і томати «Астерікс F1». Для одержання пюре овочі мили, очищували, розрізували на шматочки розмірами 20·20 мм, бланшували до розм'якшення до 5 хв, подрібнювали за температури 50—55°C до однорідної маси за допомогою гомогенізатора з ріжучими ножами за частоти обертів 1000 хв⁻¹ впродовж 3 хв до розміру часточок, не більших за 1—2 мм.

Для ферментолізу овочевих пюре застосовували пектиназу марки «Пектолад» (ДП «Ензим», Україна) з пектолітичною активністю не менше 30 од/л.

Ферментоліз овочевих пюре проводили за усереднених значень рекомендованих виробниками технологічних режимів: масова частка ферменту — 0,1%, температура 40°C, тривалість оброблення — 2 год, активна кислотність — 4,0 од рН. Після завершення ферментації пектиназу інактивували підігріванням

зразків до температури 90°C без витримки з подальшим охолодженням до температури 4±2°C.

Кислотний гідроліз проводили за усереднених значень рекомендованих режимів — температура 90°C, тривалість 45 хв, активна кислотність pH=2,0 (Canteri, Moreno, Wosiacki & Scheer, 2012). Для регулювання кислотності овочевих пюре застосовували лимонну кислоту.

У сумішах морозива вміст овочевих пюре складав 35%, цукру — 15%, жиру — 3,5%, сухого знежиреного молочного залишку — 10%.

Як класичний стабілізатор структури для контрольного зразка № 1 з наведеним вище складом застосовували композицію гідроколоїдів (гуарова камедь, камедь рожкового дерева, карагінан) у кількості 0,6%.

Як інтегровану стабілізаційну систему для контрольного зразка № 2 використовували Cremodan®SI 320 (компанія DuPont Danisco, Данія) у кількості 0,7% згідно з рекомендаціями виробника.

В'язкісні характеристики молочно-овочевих сумішей визначали на ротаторному віскозиметрі з вимірювальною системою циліндр-циліндр шляхом вимірювання кінетики деформації. Вимірювання напруги зсуву τ (Па) проводили при температурі 20°C при дванадцяти значеннях градієнта швидкості зсуву (γ) в діапазоні від 3 до 1312,2 с⁻¹ при прямому та зворотному ході (Bass, Polishchuk & Goncharuk, 2017). На окремих етапах дослідження фіксували максимальну ефективну в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma=3$ с⁻¹), мінімальну ефективну в'язкість гранично зруйнованої структури ($\gamma=1312,2$ с⁻¹) та ефективну в'язкість відновленої структури ($\gamma=3$ с⁻¹).

Ступінь відновлення структури сумішей морозива (тиксотропну здатність) визначали у відсотках за різницею значень ефективної в'язкості практично незруйнованої структури на початку та наприкінці вимірювання при градієнті швидкості зсуву ($\gamma=3$ с⁻¹) (Поліщук, Мартинч & Мацько, 2014).

Активну кислотність вимірювали потенціометрично (Tomovska, Gjorgievski & Makarijovski, 2016).

Для одержання гомогенного пюре овочі мили, очищували, розрізували на шматочки розмірами 20·20 мм, бланшували до розм'якшення не довше 5 хв, подрібнювали за температури 50—55°C до однорідної маси за допомогою гомогенізатора з ріжучими ножами за частоти обертів 1000 хв⁻¹ впродовж 3 хв до розміру часточок, не більших за 1—2 мм.

Молочно-овочеві суміші одержували шляхом послідовного змішування рецептурних інгредієнтів з подальшою їх пастеризацією (85±2°C, 3 хв), гомогенізацією (12,0±1,0 МПа), охолодженням (4±2°C), додаванням охолоджених овочевих пюре та витримуванням упродовж 2 год. Перед вимірюванням ефективної в'язкості суміші підігрівали до 20°C.

Морозиво одержували за допомогою фризера періодичної дії. Температура сумішей перед фризруванням складала 4±2°C, температура м'якого морозива на виході з фризера становила мінус (3±0,5)°C. Фризрування проводили двоступенєво: на першому етапі суміші охолоджували в охолоджувальному циліндрі до мінус 1°C при частоті обертів мішалки шкребкового типу 4,5 с⁻¹

впродовж 120 с, на другому фризуювали при частоті обертів мішалки 9 с^{-1} впродовж 180 с.

На першому етапі досліджували структуруючу здатність овочевих пюре різного ступеня та способів оброблення, яку вони виявляють у сумішах молочно-овочового морозива.

На другому етапі для кожного виду овочів визначали їх раціональний вміст у складі морозива за органолептичними та фізико-хімічними показниками морозива.

Результати і обговорення. Дослідження в'язкісно-швидкісних характеристик сумішей морозива з овочевими пюре. Вміст овочевих пюре в сумішах був обраний на рівні 35%, що в цілому перевищує їх рекомендовані значення в морозиві (15—20%) (Борисова & Макарова, 2014; Борисова & Макарова, 2014). Такий вибір обумовлений доволі широким діапазоном вмісту пектинових речовин в обраних для проведення дослідження овочах — від 0,2% (томати) і 0,82—1,12% (броколі, буряк, кабачки) до 2,17% (морква) (Sapiga, Polischuk, Breus & Osmak, 2021). Відповідно, у рецептурах морозива вміст розчинного пектину в сумішах становитиме від дуже низького 0,07% (томати) до середнього — 0,29—0,39% (броколі, буряк, кабачки) і високого — 0,76% (морква).

Зважаючи на відносно низьку в'язкість ферментованих овочевих пюре, порівняно з в'язкістю гідролізованих кислотним способом зразків (Sapiga, Polischuk, Breus & Osmak, 2021), їхній вміст у морозиві може бути підвищений із дотриманням існуючих вимог щодо максимальних значень ефективної в'язкості сумішей морозива (Творогова, Шобанова, Ландиховская & Закирова, 2018).

У табл. 1 наведені окремі в'язкісно-швидкісні характеристики молочно-овочевих сумішей морозива з класичним і сучасним стабілізаторами та без стабілізаторів з овочевими пюре різних способів оброблення. Темним тлом виокремлені зразки, початкова ефективна в'язкість яких не нижча за рекомендований діапазон 350—850 мПа·с (Творогова, Шобанова, Ландиховская & Закирова, 2018; Косой & Егоров, 2001).

Таблиця 1. В'язкісно-швидкісні характеристики молочно-овочевих сумішей морозива ($P \geq 0,95$, $n = 3$)

Спосіб оброблення овочового пюре	Ефективна в'язкість (мПа·с) за змінного градієнта швидкості зсуву			Час граничного руйнування структури ($\gamma = 1312,2\text{ с}^{-1}$), хв	Ступінь відновлення структури, %
	$\gamma = 3\text{ с}^{-1}$ (прямий хід)	$\gamma = 1312,2\text{ с}^{-1}$	$\gamma = 3\text{ с}^{-1}$ (зворотний хід)		
1	2	3	4	5	6
контроль 1	410,2±11,6	25,0±1,1	223,2±9,1	5,0±0,2	53,8
контроль 2	652,2±15,6	26,0±1,1	413,2±11,8	6,6±0,2	63,4
суміші з морквою					
A	312,4±12,5	20,1±1,0	110,3±5,2	4,2±0,2	24,2
B	399,1±10,4	25,5±1,5	333,1±11,0	6,0±0,3	83,5
C	450,4±14,5	24,8±1,1	293,7±9,2	7,0±0,2	65,2

1	2	3	4	5	6
суміші з буряком					
A	300,6±11,9	21,2±1,0	201,4±10,5	5,0±0,1	67,0
B	386,3±13,8	23,7±1,2	343,7±12,2	7,0±0,2	88,9
C	422,2±10,3	24,4±1,3	295,5±12,0	6,8±0,3	70,0
суміші з кабачками					
A	248,2±9,9	18,4±1,1	150,7±7,7	4,8±0,1	60,7
B	322,8±10,0	20,2±1,3	270,2±11,2	6,0±0,2	83,7
C	380,8±12,1	21,7±0,9	262,8±8,9	5,4±0,1	69,0
суміші з броколі					
A	240,4±10,2	17,0±1,1	141,1±10,0	3,7±0,1	58,7
B	300,9±12,8	21,0±1,0	196,8±14,6	6,2±0,1	65,4
C	350,8±11,1	20,6±1,0	217,5±6,4	6,0±0,2	62,0
суміші з томатами					
A	101,2±3,3	4,0±0,1	24,5±1,1	1,7±0,1	24,2
B	139,0±4,8	5,1±0,1	49,1±1,7	2,0±0,1	35,3
C	145±4,5	5,0±0,1	44,5±2,0	1,9±0,1	30,7

Примітка: А — пюре з бланшованих овочів; В — пюре ферментоване; С — пюре гідролізоване (кислотний гідроліз).

Відповідно до табл. 1, молочно-овочеві суміші, які можуть «конкурувати» за структуруючою здатністю з контрольними зразками, містять пюре з моркви, буряку, кабачків і броколі. Пюре з томатів виявляє низьку структуруючу здатність за їхнього максимально можливого вмісту в сумішах морозива (35%). Тому пюре з томатів може бути застосоване лише для забарвлення морозива антоціанами та збагачення морозива вуглеводами, вітамінами та мінералами у складі композиційних овочевих наповнювачів.

Структуруюча здатність різних овочів за умови їх застосування в однаковій кількості у складі сумішей знижується у такій послідовності: морква > буряк > > кабачки > броколі > томати. Така закономірність обумовлена як вмістом розчинного пектину, так і специфічними для вказаних овочів фізико-хімічними характеристиками пектинових речовин та інших високомолекулярних вуглеводів.

Овочеві пюре з підвищеним вмістом розчинного пектину (В та С) суттєвіше впливають на структуруючу здатність сумішей, порівняно зі зразками, які містять пюре з бланшованих овочів (А). Цікавим є те, що ефективна в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma = 3 \text{ c}^{-1}$) молочно-овочевих сумішей з пюре гідролізованим (С) дещо вища за суміші з пюре ферментованим (В), незважаючи на нижчий вміст у ньому розчинного пектину. Такий, на перший погляд, парадоксальний ефект, можна пояснити розріджуючою дією пектинази на фрагменти оболонки рослинних клітин у пюре ферментованих (В). Натомість, ефективна в'язкість відновленої структури, яка свідчить про тиксотропну здатність таких сумішей, зростає суттєвіше. Ступінь відновлення структури сумішей (В), що характеризує тиксотропність, є найбільшим у разі застосування пюре з моркви та буряку і досягає значень 83,5 та 88,9% відповідно. Для відповідних зразків сумішей (С) з гідролізованими пюре цей показник становить лише 65,2 та 70,0%, відповідно. Саме підвищений вміст розчинного пектину в

овочевих пюре, його фізико-хімічні властивості та розм'якшені рослинні волокна є причиною підвищеної тиксотропної здатності сумішей (В) (Sapiga, Polischuk, Breus & Osmak, 2021). Низькоенергетичні зв'язки коагуляційного типу та поверхневі контакти між рухомими та м'якими часточками ферментативно обробленої рослинної сировини суттєвіше підвищують здатність молочно-овочевих сумішей (В) самочинно відновлювати структуру (Akalin, Karagözlü & Ünal, 2008). Доволі висока в'язкість молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре, порівняно з контрольними зразками, пояснюється утворенням комплексних просторових структур «білок/полісахарид» (Ghosh & Bandyopadhyay, 2012).

Час граничного руйнування структури при максимальному градієнті швидкості зсуву для всіх зразків є незначним і майже однаковим, але найшвидше руйнується структура сумішей з томатами, які містять мало полісахаридів.

Різний характер структурування овочевих пюре за різних способів їх оброблення може обумовлювати специфіку формування і стабілізації дисперсних систем морозива, що потребує проведення додаткового дослідження.

Для більшої ілюстративності характеру впливу овочевої сировини на в'язкісні характеристики сумішей морозива на рис. 1—3 наведені реограми із зазначенням діапазонів зниження значень ефективної в'язкості для двох контрольних зразків і суміші з найбільшою тиксотропністю (молочно-овочева суміш з буряком).

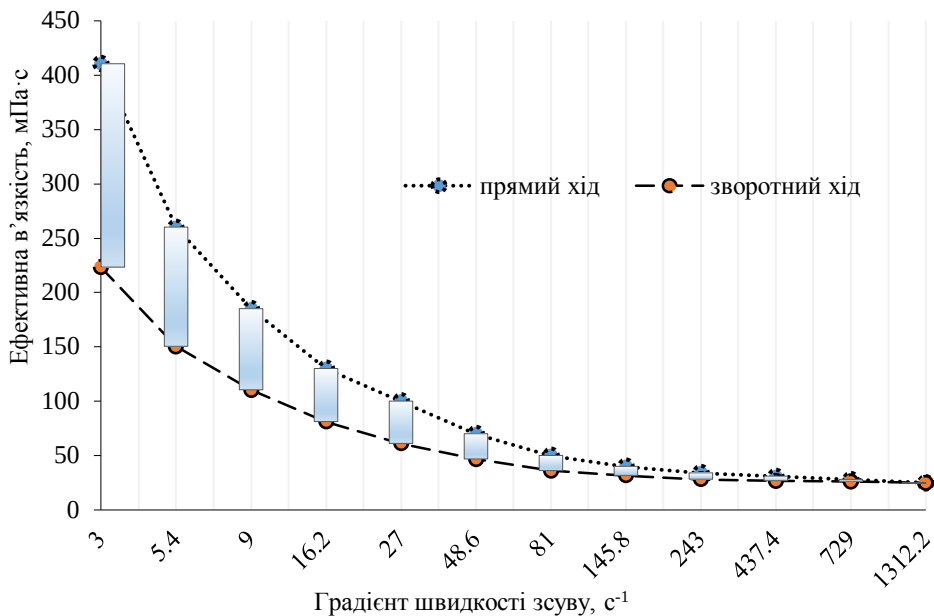


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості контрольного зразка суміші морозива з класичними стабілізаторами від градієнта швидкості зсуву

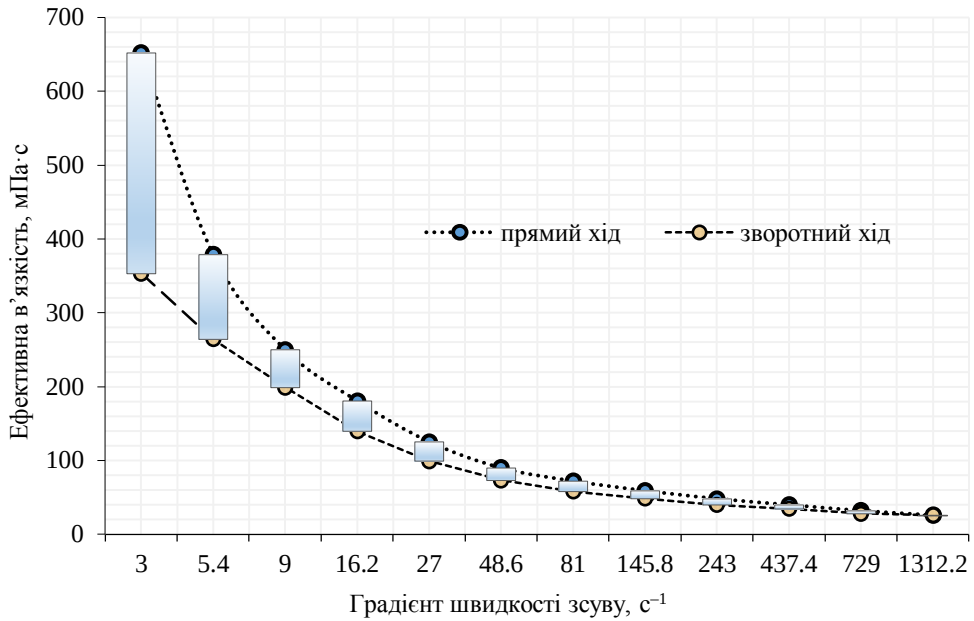


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості контрольного зразка суміші морозива із сучасною стабілізаційною системою від градієнта швидкості зсуву

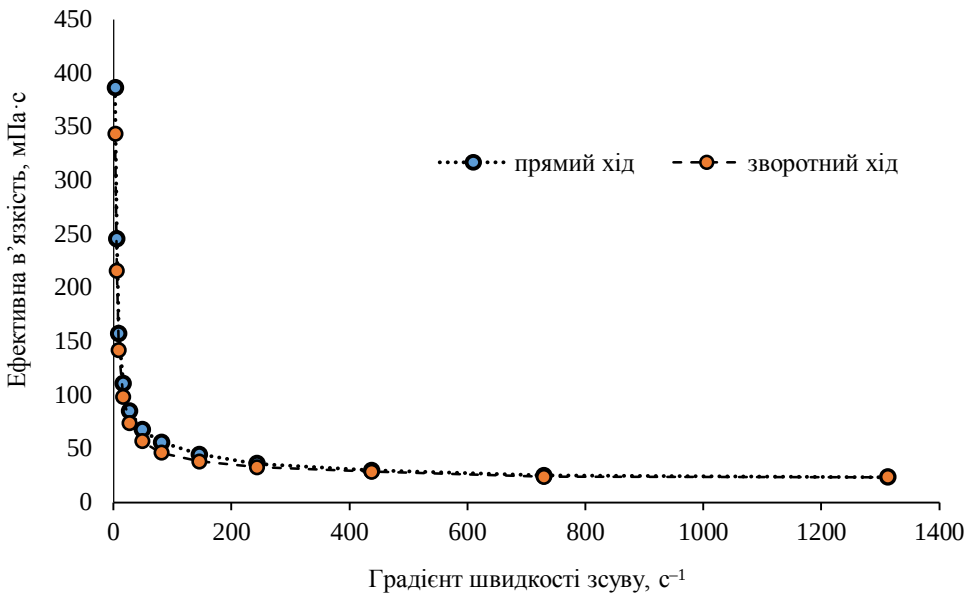


Рис. 3. Залежність ефективної в'язкості молочно-овочевої суміші з ферментованим буряковим пюре від градієнта швидкості зсуву

З рис. 1—3 видно, що ефективна в'язкість молочно-овочевої суміші за відсутності стабілізаторів знаходиться у цілком допустимих межах, але характер її поведінки за зниження дії руйнівної сили принципово відрізняється від такої для контрольних зразків. Зважаючи на це, суміші морозива молочно-овочевого можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей.

Різний характер структурування овочевих пюре за різних способів їх оброблення може обумовлювати специфіку процесів формування і стабілізації дисперсних систем морозива молочно-овочевого, що потребує проведення подальших досліджень. Підвищена структуруюча здатність овочевих пюре, що були піддані кислотному гідролізу, сприятиме зниженню потреби у стабілізаторах, а висока тиксотропна здатність ферментованих овочевих пюре може позитивно вплинути на опір морозива таненню. Тому результати дослідження становлять практичний інтерес за можливого позитивного впливу на якісні показники морозива.

Висновки

Ефективна в'язкість молочно-овочевих сумішей з вмістом 35% овочевих пюре, ферментованих або гідролізованих термокислотним способом, знаходиться в межах, рекомендованих у технології морозива.

Структуруюча здатність різних овочів у складі сумішей морозива знижується в такій послідовності: морква > буряк > кабачки > броколі > томати, що обумовлено різним вмістом розчинного пектину, фізико-хімічними характеристиками пектинових речовин і специфікою їхньої взаємодії з іншими сполуками.

Ефективна в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma=3 \text{ c}^{-1}$) молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре гідролізованими дещо вища за суміші з пюре ферментованими, незважаючи на нижчий вміст у ньому розчинного пектину, що можна пояснити розріджувальною дією пектинази на фрагменти оболонок рослинних клітин.

Ефективна в'язкість відновленої структури молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре ферментованими виявляють високу тиксотропну здатність за рахунок підвищеного вмісту розчинного пектину та наявності розм'якшених фрагментів рослинних волокон. Такі суміші можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні можливості зниження потреби в стабілізаторах структури за рахунок структуруючої здатності овочевих пюре за їх різного вмісту у складі морозива молочно-овочевого.

Література

- Adapa, S., Dingeldein, H., Schmidt, K. A., Herald, T. J. (2000). Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. *Journal of dairy science*, 83(10), 2224—2229.
- Akalın, A. S., Karagözlü, C., Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227(3), 889—895.

- Alvarez, E., Cancela, M. A., Delgado-Bastidas, N., Maceiras, R. (2008). Rheological characterization of commercial baby fruit purees. *International Journal of Food Properties*, 11(2), 321—329.
- Arbuckle, W. S. (1986). Ice Cream. Westport Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc.
- Bass, O., Polishchuk, G., Goncharuk, E. (2017). Investigation of viscous characteristics of mixtures of ice cream with starch syrup. *Ukrainian Food Journal*, 5(2), 269—277.
- Canteri, M. H., Moreno, L., Wosiacki, G., Scheer, A. D. P. (2012). Pectina: da matéria-prima ao produto final. *Polímeros*, 22, 149—157.
- Chiampo, F., Tasso, M., Occelli, A., Conti, R. (1996). Rheological properties of fruit purees. *Industria Conserve*, 71(3), 331—336.
- Ghosh, A. K., Bandyopadhyay, P. (2012). Polysaccharide-protein interactions and their relevance in food colloids. *The complex world of polysaccharides*, 14, 395—406.
- Kilara, A., Chandan, R. C. (2008). Ice cream and frozen desserts. Wiley-Blackwell, Ames, IA, USA, 364—365.
- Mahdian, E., Karazhian, R. (2013). Effects of fat replacers and stabilizers on rheological, physicochemical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(6), 1163—1174.
- Pavlyuk, R., Pogarska, V., Pavlyuk, V., Pogarskiy, A., Kakadii, I., Stukonozhenko, T., Telenkov, O. (2018). The development of new method of production of healthy ice-cream-sorbet of fruits and vegetables with a record bas content. *EUREKA: Life Sciences*, (6), 33—40.
- Sapiga, V., Polishchuk, G., Breus, N., Osmak, T. (2021). Enzymatic destruction of protopectin in vegetable raw materials to increase its structuring ability in ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(2), 321—332.
- Syed, Q. A., Anwar, S., Shukat, R., Zahoor, T. (2018). Effects of different ingredients on texture of ice cream. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 8(6), 422—435.
- Tomovska, J., Gjorgievski, N., Makarijoski, B. (2016). Examination of pH, Titratable Acidity and Antioxidant Activity in Fermented Milk, *Journal of materials Science and Engineering. Journal of Materials Science and Engineering A*, 6(11), 326—333.
- Борисова, А. В., Макарова, Н. В. (2014). Влияние массовой доли плодоовощных пюре на качество мороженого. *Пищевая промышленность*, (5), 74—77.
- Борисова, А. В., Макарова, Н. В. (2014). Рецептуры мороженого с антиоксидантными свойствами с использованием плодоовощного пюре. *Пищевая промышленность*, (9), 18—21.
- Згурський, А. В., Поліщук, Г. Є., Ковалевська, Є. І., Крапивницька, І. О. (2011). Дослідження реологічних характеристик молочно-овочевих сумішей для виробництва морозива. *Харчова наука і технологія*, 2(15), 115—118.
- Косой, В., Егоров, А. (2001). Реологические и реометрические исследования по определению консистенции смеси и закаленного мороженого на всех этапах его производства по физико-механическим характеристикам. *Научные труды «Теоретические и практические основы развития процессов и аппаратов пищевых производств»*, М.: МГУПБ, 42—44.
- Косой, В. Д., Дунченко, Н. И., & Егоров, А. В. (2008). *Инженерная реология в производстве мороженого*, Москва: ДеЛи принт.
- Матвеев, В. Н., Кирсанов, Е. А. (2011). Вязкость и структура дисперсных систем. *Вестник Московского университета. Серия 2. Химия*, 52(4), 243—275.
- Поліщук, Г. Є., Мартич, В. В., Мацько, Л. М. (2014). Порівняльний аналіз реологічних показників сумішей для виробництва морозива на молочній основі. *Продовольчі ресурси. Серія: Технічні науки*, (3), 73—78.
- Творогова, А. А., Коновалова, Т. В., Гурский, И. А., Базалий, В. Н., Аврамова, С. В. (2016). Особенности применения пищевых волокон SenseFi в производстве мороженого пломбир. *Пищевая промышленность*, (10), 34—36.
- Творогова, А. А., Шобанова, Т. В., Ландиховская, А. В., Закирова, Р. Р. (2018). Совершенствование композиционного состава и структуры молочного мороженого, *Техника и технология пищевых производств*. 48(2), 109—116.