

Г.Є. Поліщук¹, Л.М. Мацько¹, О.В. Гончарук²

¹ Національний університет харчових технологій, Київ

² Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАНУ, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОВОГО ОБРОБЛЕННЯ НА СТРУКТУРУЮЧУ ЗДАТНІСТЬ ЯБЛУЧНОГО ПЮРЕ



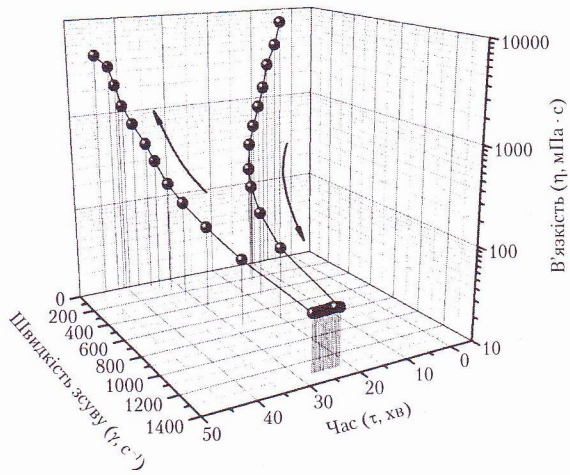
Вивчено вплив температури і тривалості теплового оброблення на структуруючу здатність яблучного пюре. Доведено, що яблучне пюре виявляє тиксотропний та реопексний характер відновлення зруйнованої структури залежно від умов теплового оброблення.

Ключові слова: яблучне пюре, теплове оброблення, ефективна в'язкість, морозиво.

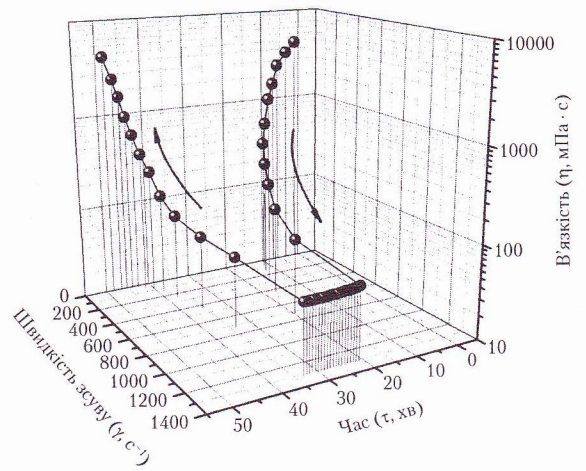
Харчові гідроколоїди проявляють функціонально-технологічні властивості у складі морозива залежно від його хімічного складу та умов виробництва. Однією із найефективніших вологозв'язувальних та структуруючих харчових добавок є пектин [1, 2]. Для стабілізації структури морозива зазвичай вносять до 0,4–0,5 % розчинного пектину. Але пектиновмісні плодово-ягідні та овочеві пюре також можуть виконувати роль натуральних структуруючих, піноутворювальних та емульгуювальних інгредієнтів. Саме тому наявність у їх складі пектинових речовин і зокрема розчинного пектину є надзвичайно важливим показником. За даними *Красноселової О.А.* [3] яблука літніх сортів містять до 1,0–1,8 %, а яблука осінніх сортів – до 2,0–3,0 % пектинових речовин, з яких лише біля 20 % складає технологічно активний гідратопектин.

Внесення до складу сумішей для виробництва морозива до 30 % свіжого яблучного пюре не може забезпечити технологічно необхідний вміст розчинного пектину. Тому виникла потреба у підвищенні вмісту розчинного пектину за

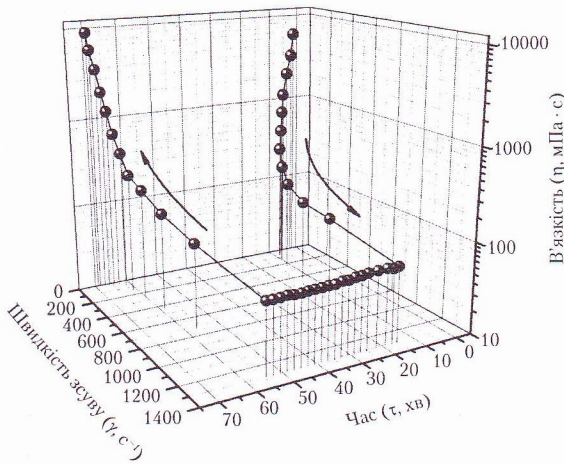
рахунок часткової деструкції протопектину під дією гідротермічної обробки яблучного пюре в умовах підвищеної активної кислотності. З цією метою нами було попередньо встановлено, що мінімальний гідроліз протопектину у пюре з яблук спостерігався при активній кислотності 4,2–4,5, а максимальний – при кислотності, нижчій за 3,3 од. рН [4]. Також було доведено, що теплова обробка при активній кислотності 3,0–3,9 од. рН підвищувала вологозв'язувальну здатність яблучної сировини на 10,5–25,8 %. Під впливом гідротермічної обробки при температурі 85 °С було одержано максимальний вміст розчинного пектину, а при 95 °С спостерігався значно менший технологічний ефект внаслідок часткової термічної деструкції пектинових речовин та зниження дифузійних властивостей рослинних тканин. Щодо тривалості гідролізу, то вже на 20-й хвилині спостерігалось достатньо ефективне підвищення вмісту розчинного пектину, а подовження цього процесу до 40–60 хв було неефективним [5]. Звичайно, вміст гідратопектину є впливовим чинником, спроможним суттєво впливати на здатність яблучного пюре до структурування, що потребує додаткових досліджень.



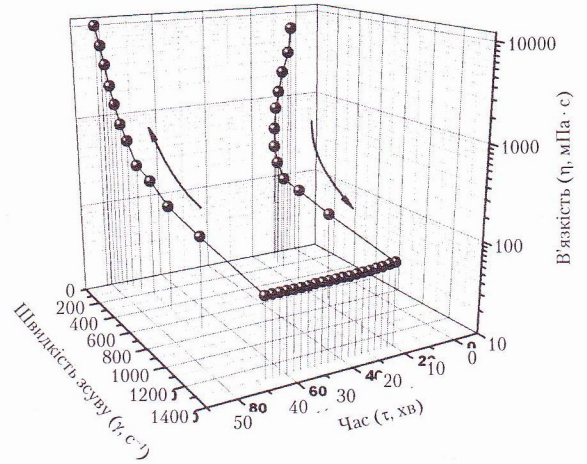
а



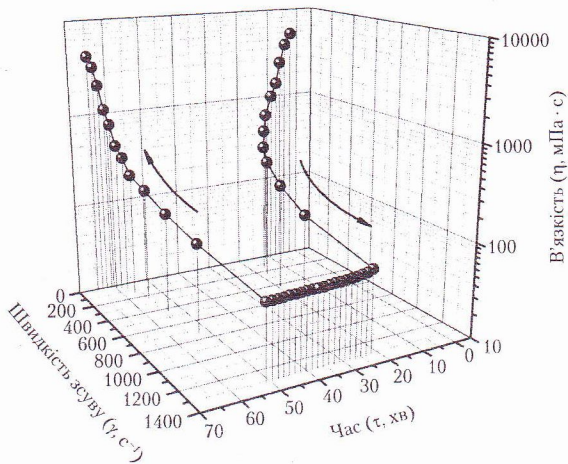
б



в



г



д

Рис. 1. Ефективна в'язкість яблучного поре при різних градієнтах швидкості: а – поре яблучне без термічної обробки; б – поре після термічної обробки при температурі 65 °С; в – при 75 °С; г – при 85 °С; д – при 95 °С

Мета даної роботи: дослідження впливу теплової обробки на ефективну в'язкість яблучного пюре та на характер її залежності від градієнту швидкості зсуву.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІЖЕНЬ

Об'єктом досліджень обрано яблука свіжі сорту «Чемпіон» пізніх строків визрівання, відповідно до вимог ГОСТ 21122 «Яблука свіжее поздних сроков созреваания. Технические условия». Для регулювання кислотності застосовували кислоту лимонну за ДСТУ ГОСТ 908: 2006 у вигляді 50%-го водного розчину.

Як контрольний продукт використовували яблучне пюре без термічної обробки, подрібнене до гомогенного стану за допомогою блендера з ріжучими ножами. Досліджувані зразки пюре готували таким чином. Нарізані дрібними шматочками яблука попередньо бланшували при температурі $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ на протязі 20 хв, підкислювали лимонною кислотою до $\text{pH} = 3,0$. Після цього подрібнені яблука або відразу перетирали, або витримували до перетирання за температури бланшування впродовж 20 та 40 хв для підвищення вмісту розчинного пектину за рахунок часткової деструкції протопектину. Далі пюре охолоджували до 20°C та досліджували ефективну в'язкість.

Масову частку сухих речовин у яблучному пюре визначали відповідно до ГОСТ 3626. Активну кислотність контролювали потенціометрично, відповідно до ГОСТ 26781. Реологічні характеристики яблучного пюре визначали за

допомогою ротаційного віскозиметра Реотест 2 (Німеччина) із застосуванням циліндричної системи S/N в діапазоні швидкостей зсуву від 9 до $1312,2 \text{ c}^{-1}$. Реограми реєстрували за допомогою аналогово-цифрового перетворювача, під'єданого до комп'ютера. Реологічні вимірювання проводили при температурі 20°C [6, 7].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На першому етапі досліджень вивчали вплив режимів попередньої теплової обробки яблучного пюре в температурному діапазоні $65\text{--}95^\circ\text{C}$ впродовж 20 хв на його здатність до структуровання. Зміну ефективної в'язкості зразків у часі при різних градієнтах швидкості наведено на рис. 1. У табл. 1 наведено найважливіші значення ефективної в'язкості зразків яблучного пюре — практично незруйнованої, зруйнованої та відновленої структури.

Ефективна в'язкість яблучного пюре без термічної обробки була найбільшою при градієнті швидкості зсуву 3 c^{-1} , але при максимальному градієнті швидкості зсуву відбувалося найсуттєвіше, порівняно з іншими зразками, руйнування структури. Слід відмітити і найменший час впливу руйнівної сили, необхідний для досягнення сталого значення практично повністю зруйнованої структури, який становив усього 6,6 хв.

Порівняльний аналіз ефективної в'язкості термічно обробленого яблучного пюре дає можливість виокремити як найдоцільніший такий режим теплового оброблення, що становить

Ефективна в'язкість яблучного пюре за різного ступеню теплової обробки

Таблиця 1

Температура оброблення, $^\circ\text{C}$	Ефективна в'язкість, $\text{mPa} \cdot \text{s}$			Час руйнування структури при градієнті швидкості зсуву 1312 c^{-1} , хв
	Градієнт швидкості зсуву 3 c^{-1} (прямий хід)	Градієнт швидкості зсуву 1312 c^{-1}	Градієнт швидкості зсуву 3 c^{-1} (зворотний хід)	
Контроль	7084,0	40,5	4206,4	6,6
65	4279,1	54,5	3972,6	12,5
75	5887,9	59,8	8959,9	41,3
85	6531,5	69,5	9835,9	48,1
95	5224,0	61,0	4161,7	30,5

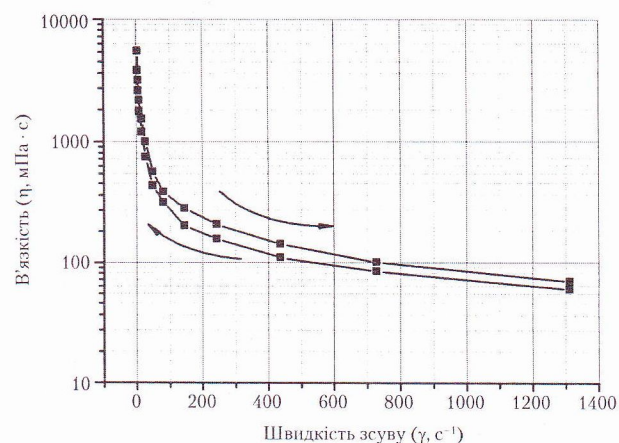
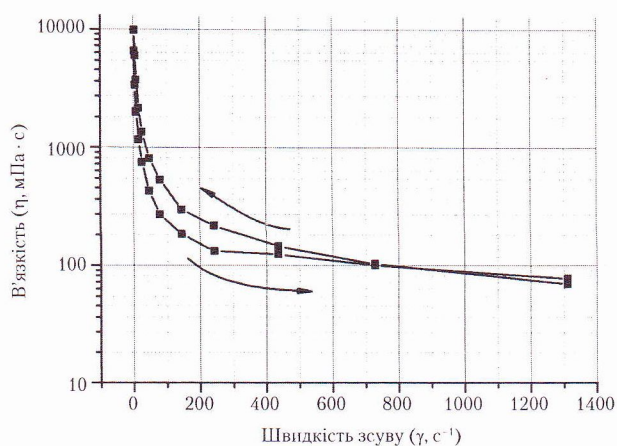
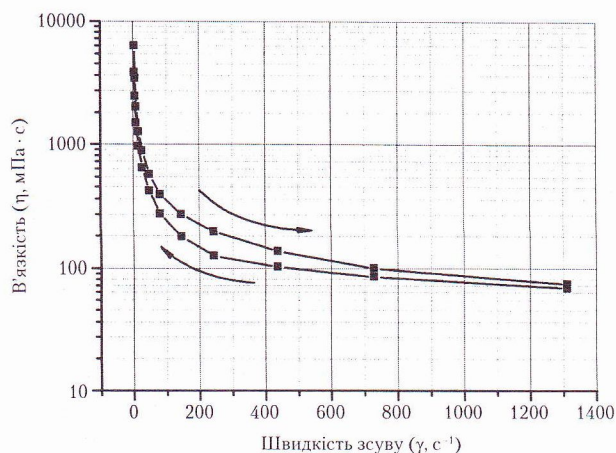


Рис. 2. Ефективна в'язкість яблучного пюре при різних градієнтах швидкості за змінної тривалості попередньої теплової обробки: *a* – яблучне пюре після теплової обробки без витримки; *b* – з витримкою впродовж 20 хв; *в* – з витримкою впродовж 40 хв

85 °С. Саме за цієї температури структура пюре, утворена за рахунок зв'язування води та взаємодії між макромолекулами пектинових речовин, чинить найбільший опір руйнації: ефективна в'язкість практично зруйнованої структури є найбільшою серед усіх зразків.

Ще однією особливістю поведінки структури досліджуваних зразків є те, що їх можна по-

ділити на дві групи з яскраво вираженими тиксотропними та реопексними властивостями. До *першої групи* можна віднести структуроване пюре без теплової обробки, до *другої групи* – пюре, оброблене при температурах 65 та 95 °С. Структура цих систем при поступовому зниженні градієнта швидкості зсуву самочинно відновлюється за рахунок броунів-

Таблиця 2
Ефективна в'язкість яблучного пюре, термічно обробленого при різних тривалості

Тривалість теплової оброблення, хв	Ефективна в'язкість, мПа · с			Час руйнування структури при градієнті швидкості зсуву 1312 с ⁻¹ , хв
	Градієнт швидкості зсуву 3 с ⁻¹ (прямий хід)	Градієнт швидкості зсуву 1312 с ⁻¹	Градієнт швидкості зсуву 3 с ⁻¹ (зворотний хід)	
0	6352,7	56,9	3855,2	13,8
20	6531,5	69,5	9835,9	48,1
40	5530,4	59,8	3829,6	23,9

ського руху молекул та утворення численних низькоенергетичних зв'язків. Для контрольного зразка відновлення структури становить до 60 % від початкового значення в'язкості, а для термічно оброблених тиксотропних зразків – до 93 % (65 °C) та 80 % (95 °C). Що стосується реопексних систем, то відновлення структури, яке проявляється в підвищенні значень ефективної в'язкості в процесі її вимірювання, зростає для зразка, обробленого при температурі 75 °C до 152 %, а для обробленого при 85 °C – майже до такого ж рівня (151 %).

Таким чином, здатність яблучного пюре до відновлення структури обумовлена насамперед наявністю розчинного пектину і може регулюватися шляхом зміни температурних режимів попередньої теплової обробки. Отже, за всіма показниками ефективної в'язкості можна за найкращий виокремити зразок яблучного пюре, який попередньо піддають обробленню при температурі 85 °C.

На другому етапі нашої роботи з метою встановлення технологічно доцільної тривалості теплового оброблення було досліджено ефективну в'язкість зразків яблучного пюре, термічно оброблених при рекомендованій температурі (85 °C) без витримки та з витримкою 20 та 40 хв. Ефективну в'язкість зразків наведено на рис. 2. Характер зміни ефективної в'язкості досліджуваних зразків яблучного пюре наведено у табл. 2.

Очевидною є недостатня ефективність миттєвої теплової обробки яблучного пюре. Деструкція пропектину відбувається лише частково, що не забезпечує ані високої здатності до відновлення структури, ані тривалого опору дії руйнівної сили.

Подовження теплової обробки до 40 хв не дає належного технологічного ефекту внаслідок часткової деструкції макромолекул пектину при занадто тривалому температурному впливі. Це припущення повністю підтверджують раніше одержані результати досліджень [5] щодо зниження загального вмісту пектинових речовин у яблучному пюре при надлиш-

ковій дії температурного чинника за рахунок деградації пектинових макромолекул з утворенням залишків полімерних ланцюгів із такою низькою молекулярною масою, яка не дозволяє ідентифікувати їх як пектинові речовини.

Таким чином, рекомендованим режимом теплової обробки яблучного пюре, що дозволить отримувати найефективніше структурування із реопексним характером відновлення структури, є температура 85 °C впродовж 20 хв.

Результати досліджень мають практичне значення для одержання натурального структуровального компонента у складі морозива при рекомендованих режимах попереднього оброблення. Пробні вироблення морозива яблучного та молочного-яблучного у напівпромислових умовах довели достатньо високу стабілізуювальну здатність яблучного пюре з підвищеним вмістом розчинного пектину та перспективу широкого впровадження наукової розробки. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення характеру структурування сумішей для виробництва морозива молочного, до складу яких входить активоване яблучне пюре, для встановлення раціональних режимів їх визрівання та фризеравання.

ВИСНОВКИ

1. Для досягнення високої структуруючої здатності яблучне пюре рекомендовано піддавати теплової обробці при температурі 85 °C впродовж 20 хв.
2. Пюре з яблук виявляє високу здатність до відновлення структури як тиксотропна (при температурі оброблення 65 та 95 °C) та реопексна (75 та 85 °C) системи.
3. Результати досліджень мають практичне значення для одержання натурального морозива без застосування спеціальних структуруючих харчових добавок.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Chiampo F., Tasso M., Occelli A., Conti R.* Rheological properties of fruit purees // *Industria Conserve*, 71(3). – 1996. – P. 331–336.

2. *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). — P. 24–29.
3. *Красноселова Е.А.* Разработка технологии комплексной переработки яблок летних и осенних сортов с получением пектина и пектинопродуктов функционального назначения. Дис. канд. техн. наук. 05.18.01. Краснодар. 2007. — 128 с.
4. *Мацько Л.М., Полищук Г.Є., Крапивницька І.О.* Яблучне пюре як стабілізатор у морозиві // *Продовольча індустрія АПК*. — 2011. — № 5. — С. 18–21.
5. *Полищук Г.Є., Мацько Л.М., Соколенко А.И.* Активация функционально-технологических свойств яблочного пюре при производстве мороженого // *Вестник Могилевского государственного университета продовольствия*. — 2012. — № 1 (12). — С. 70–75.
6. *Косой В.Д., Меркулов М.Ю., Юдина С.Б.* Контроль качества молочных продуктов методами физико-химической механики. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 208 с.
7. *Косой В.Д., Дунченко Н.И., Егоров А.В.* Инженерная реология в производстве мороженого. — М.: ДЕЛИ ПРИНТ, 2008. — 196 с.

Г.Е. Полищук, Л.М. Мацько, Е.В. Гончарук

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЯБЛОЧНОГО ПЮРЕ

Изучено влияние температуры и длительности тепловой обработки на структурирующую способность яблочного пюре. Доказано, что яблочному пюре свойственен тиксотропный и реопексный характер при восстановлении разрушенной структуры в зависимости от условий тепловой обработки.

Ключевые слова: яблочное пюре, тепловая обработка, эффективная вязкость, мороженое.

G.E. Polischuk, L.M. Matsko, O.V. Goncharuk

THE EFFECT OF THERMAL PROCESSING ON APPLE PUREE'S STRUCTURING ABILITY

The influence of temperature and duration of heat processing on the structural ability of apple puree was studied. It was proved, that apple puree reveals the thixotropic and rheopexic character when its structure is restored, depending on the conditions of thermal processing.

Key words: apple puree, thermal processing, effective viscosity, ice cream.

Стаття надійшла до редакції 26.03.13