

THE INFLUENCE OF ACIDITY ON EFFECTIVE VISCOSITY OF THERMALLY PROCESSED APPLE PUREE

G. Polischuk, L. Matsko

National University of Food Technologies

O. Goncharuk

Chuico Institute of Surface Chemistry NAS of Ukraine

G. Kalinina

National Agricultural University of Bila Tserkva

Key words:

Active acidity

The effective viscosity

Apple puree

Ice cream

Article history:

Received 22.07.2013

Received in revised form

18.09.2013

Accepted 29.10.2013

Corresponding author:

G. Polischuk

L. Matsko

O. Goncharuk

G. Kalinina

Email:

milknuft@i.ua

lubovmatsko@mail.ru

iscgoncharuk@meta.ua

kombikormaka@ukr.net

ABSTRACT

The influence of active acidity on the structuring ability of a thermally processed apple puree was studied. The objects of researches were late ripening apple puree and its structural and mechanical characteristics. The effective viscosity was determined by using a rotational viscometer. It was established that the change of active acidity in the range of 4.2 to 3.0 pH units leads to a shift from thixotropic to rheopexic reaction of a thermally processed apple puree when its structure is restored.

The greatest structure resistance at maximum velocity gradient was typical for apple puree with active acidity pH = 3.0. The established effect was explained by significant increasing of soluble pectin content in apple puree that actively binds water and has increased structural ability. The apple puree, subjected to thermal processed at pH = 3.0 is recommended for usage in ice cream as an effective natural structuring component.

ВПЛИВ АКТИВНОЇ КИСЛОТНОСТІ НА ЕФЕКТИВНУ В'ЯЗКІСТЬ ТЕРМІЧНО ОБРОБЛЕНОГО ЯБЛУЧНОГО ПЮРЕ

Г.Є. Поліщук, Л.М. Мацько

Національний університет харчових технологій

О.В. Гончарук

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України

Г.П. Калініна

Білоцерківський національний аграрний університет

У статті вивчено вплив активної кислотності на здатність термічно обробленого яблучного пюре до структурування. Об'єктом досліджень обрано пюре з яблук пізніх строків визрівання та його структурно-механічні

характеристики. Ефективну в'язкість визначено за допомогою ротаційного віскозиметра. Встановлено, що зміна активної кислотності у межах від 4,2 до 3,0 од. рН призводить до переходу від тиксотропної до реопексної поведінки зразків термічно обробленого яблучного пюре при відновленні його структури. Найбільша стійкість структури при максимальному градієнті швидкості характерна для яблучного пюре з активною кислотністю $pH=3,0$. Встановлений ефект пояснено суттєвим підвищенням вмісту у яблучному пюре розчинного пектину, який активно зв'язує воду та має підвищену структуруючу здатність. Для застосування у складі морозива як ефективний природний структуруючий компонент рекомендовано яблучне пюре, піддане тепловому обробленню при $pH = 3,0$.

Ключові слова: активна кислотність, ефективна в'язкість, яблучне пюре, морозиво.

Полідисперсну структуру морозива здавна формують і стабілізують за допомогою харчових гідрокоолідів (полісахаридів і білків) або сировини, що їх містить [1,2]. Сучасні технології також передбачають використання стабілізаційних систем, що являють собою композиції стабілізаторів та емульгаторів [3]. Біополімери по-різному проявляють функціонально-технологічні властивості у складі морозива залежно від його хімічного складу та умов виробництва [4, 5].

Пектини є натуральними і широко вживаними полісахаридами у складі морозива, особливо за підвищеної кислотності сумішей. Оскільки вміст пектинових речовин у м'якоті яблук у декілька разів більший порівняно з багатьма іншими плодами й овочами [6, 7], було зроблено припущення про можливість ефективного застосування саме яблучного пюре як стабілізуювального інгредієнта.

Відомо, що пектинові речовини (ПР) у свіжій рослинній сировині представлені в основному розчинним пектином (РП), що знаходиться переважно у соку вакуолей рослинних клітин, і протопектином (ПП), який міститься в клітинних оболонках та у міжклітинних стінках [8, 9]. Активувати пектиновмісну сировину, тобто збільшити у ній вміст технологічно активного розчинного пектину, можливо за рахунок часткової деструкції ПП під дією термомеханічного оброблення за змінних параметрів процесу. У зв'язку з цим авторами було попередньо доведено, що активна кислотність при гідротермічному обробленні яблучного пюре суттєво впливає як на деструкцію ПП, так і на його здатність до зв'язування вологи [10]. Подальше застосування термічно обробленого яблучного пюре з підвищеним вмістом розчинного пектину у складі морозива потребує додаткових досліджень.

Мета роботи — дослідження впливу активної кислотності на ефективну в'язкість термічно обробленого яблучного пюре для його застосування як натурального структуруючого компонента при виготовленні морозива.

Об'єктом досліджень обрано яблука свіжі сорту «Чемпіон» пізніх строків визрівання (відповідно до вимог ГОСТ 21122 «Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия»).

Для регулювання кислотності застосовували кислоту лимонну за ДСТУ ГОСТ 908:2006 і натрій двовуглекислий (соду питну) за ГОСТ 2156 у вигляді 50-відсоткових водних розчинів.

Як контроль використовували яблучне пюре без термічного оброблення, 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 ± 2 °C протягом 20 хв. і доводили значення активної кислотності до $\text{pH}=3,0$; $3,6$ та $4,2$. Нижча кислотність яблучного пюре була неприйнятною, тому що за таких умов пюре у складі морозива за стандартної кількості 30...35 % спричинювало підвищення титрованої кислотності готового продукту вище 70 °T, що не допускається відповідними ДСТУ.

Після підкислення подрібнені яблука витримували за температури бланшування впродовж 20 хв., перетирали до гомогенного стану, видаляли кісточки, охолоджували до 20 °C та досліджували ефективну в'язкість одержаного пюре.

Масову частку сухих речовин у яблучному пюре визначали згідно з 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 3 до 1312 c^{-1} . Реограми реєстрували за допомогою аналогово-цифрового перетворювача, що був під'єднаний до комп'ютера. Реологічні вимірювання проводили при температурі 20 °C [11, 12].

За попередніми результатами досліджень авторами було встановлено, що зі збільшенням активної кислотності від $4,2$ до $3,0$ од. pH вміст ПП у яблучному пюре зменшувався від 21,17 % (від загального вмісту сухих речовин яблук) до 15,03 %, а РП, відповідно, збільшувався з 4,50 до 7,79 % на фоні відносно сталої загальної кількості ПР (у середньому 21...23 %). У діапазоні $\text{pH} = 4,2 \dots 4,5$ спостерігався найменший перехід пектину у розчинну форму, а за $\text{pH} = 3,0 \dots 3,3$ цей вміст був максимальним. На основі отриманих результатів досліджень було зроблено припущення, що встановлений ефект може сприяти підвищенню здатності до структурування термічно обробленого яблучного пюре. Для підтвердження цього було визначено ефективну в'язкість свіжого яблучного пюре із початковою активною кислотністю 4,18 од. pH , а також зразків пюре, термічно оброблених за встановлених вище режимів при $\text{pH} = 3,0 \dots 4,2$.

Ефективну в'язкість досліджуваних зразків за змінної швидкості зсуву проілюстровано на рис. 1. Значення ефективної в'язкості для практично незруйнованої, зруйнованої та відновленої структури зразків яблучного пюре наведено у таблиці.

Найбільша ефективна в'язкість при найменшому градієнті швидкості зсуву (3 c^{-1}) була характерна для зразка № 1. Найближча та дещо нижча за неї в'язкість спостерігалася для зразка № 2, незважаючи на те, що вміст розчинного пектину та, відповідно, зв'язаної води у ньому більший порівняно з контрольним зразком.

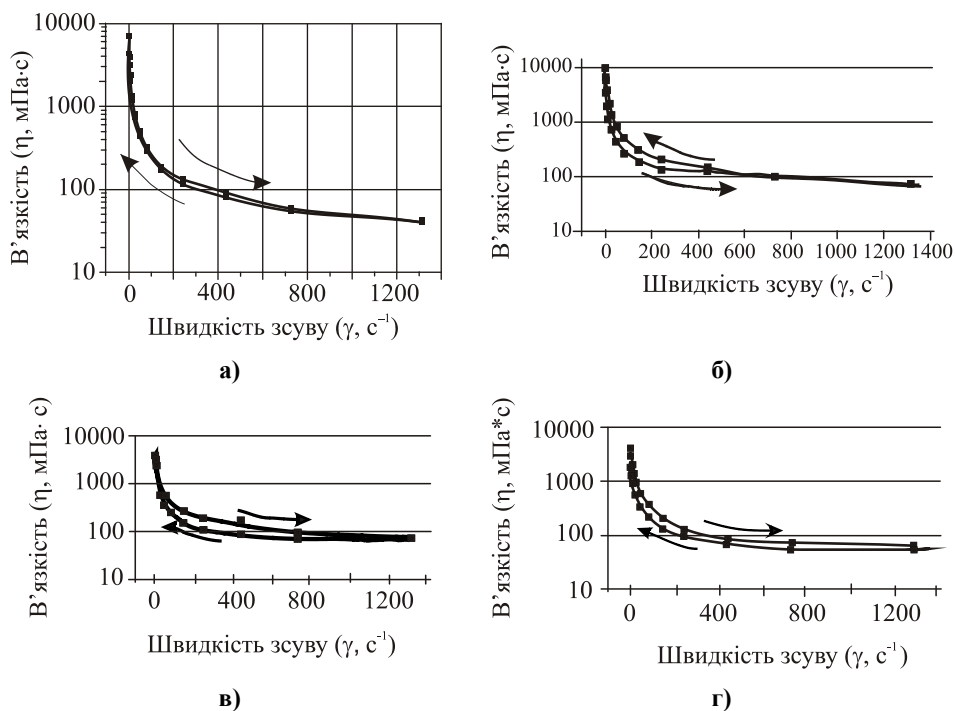


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву яблучного пюре свіжого (а), пюре термічно обробленого при рН=3,0 (б), при рН=3,6 (в) та при рН=4,2 (г)

Таблиця. Ефективна в'язкість яблучного пюре

Номер зразка	Вид зразка	Ефективна в'язкість, мПа·с		
		Практично незруйнована. Прямий хід (швидкість зсуву 3 с ⁻¹)	Практично зруйнована (швидкість зсуву 1312 с ⁻¹)	Відновлена. Зворотний хід (швидкість зсуву 3 с ⁻¹)
1	Пюре свіже яблучне (контроль), рН=4,18	7084,0	40,5	4206,4
2	Пюре яблучне термічно оброблене, рН=3,0	6531,5	69,5	9835,9
3	Пюре яблучне термічно оброблене, рН=3,6	4136,1	67,3	3753,1
4	Пюре яблучне термічно оброблене, рН=4,2	4074,8	50,6	2726,5

Проте чітко видно, що при вимірюваннях у режимі зворотного ходу ефективна в'язкість зразка № 2 при градієнті швидкості 3 с⁻¹ у два рази перевищувала в'язкість зразка № 1. Імовірно, структура останнього була обумовлена взаємним контактом напівзруйнованих і механічно міцних за рахунок високого вмісту ПП стінок рослинних клітин та серединних пластинок. Але в процесі інтенсивного перемішування при зростаючому

градієнти швидкості структура свіжого яблучного пюре суттєво руйнувалася. Так, ефективна в'язкість зразка № 1 при градієнті швидкості 3 с^{-1} знижувалася з 7084 мПа·с на початку вимірювання до 4206 мПа·с наприкінці вимірювання. В той же час для зразків після теплового оброблення (зразок № 2) відбувалося розм'якшення рослинних волокон на фоні деструкції ПП, що призводило до зниження вихідної в'язкості, але підвищувало здатність систем до структурування, яке було пов'язане зі збільшенням вмісту РП.

Для зразка № 3 характерно досить високе значення в'язкості при максимальній швидкості зсуву 1312 с^{-1} і незначне її падіння при швидкості зсуву 3 с^{-1} у зворотному режимі вимірювання (3753 мПа·с) порівняно з початком вимірювання (4136 мПа·с). Для зразка № 4 характерні найменші значення в'язкості з усіх досліджуваних термічно оброблених систем при досить високому ступені руйнування структури, що свідчило про низьку структуруючу здатність компонентів цієї системи. Таким чином, можна стверджувати, що найвищу структуруючу здатність має зразок № 2, а найнижчу — зразок № 4. Свіже яблучне пюре, хоча й характеризувалося досить високою вихідною в'язкістю, але його структура не була стійкою до механічного впливу, що призводило до значного падіння в'язкості при інтенсивному перемішуванні.

Більша здатність до структурування зразка № 2 імовірно викликана підвищеним вмістом у ньому розчинного пектину — 7,79 % порівняно з 5,0 % від загальної маси сухих речовини. Саме РП, спроможний надзвичайно активно зв'язувати воду, і є причиною високого технологічного ефекту зразка № 2. Підтвердженням цьому є попередньо встановлене авторами підвищення питомого вмісту зв'язаної води від 1,080 г/г сухої речовини для зразка № 4 до 1,342 г/г сухої речовини для зразка № 2 [10].

Також слід відмітити суттєве підвищення часу, впродовж якого при швидкості зсуву 1312 с^{-1} відбувалося руйнування структури до постійного значення для зразків, що були піддані тепловому обробленню (рис. 2).

Якщо час, необхідний для руйнування структури до постійного значення при швидкості зсуву 1312 с^{-1} , становив для свіжого пюре 6,6 хв, то для пюре, обробленого термічно при $\text{pH}=3,0$ — вже 48,13 хв, тобто більше, ніж у 7 разів. Це свідчить про високу енергію утворених розчинним пектином зв'язків.

Аналіз закономірностей відновлення структури дозволив виявити принципово різний характер цього процесу для різних зразків. Якщо зразки № 1 та № 4 характеризувалися досить високою тиксотропністю, а зразок № 3 відрізнявся

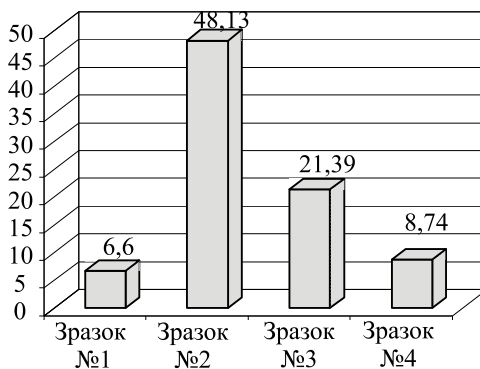


Рис. 2. Час зруйнування структури яблучного пюре різного ступеня оброблення до постійного значення ефективної в'язкості при швидкості зсуву 1312 с^{-1}

практично повною відновлюваністю структури, то зразок № 2 відновлював структуру при знятті впливу руйнівної сили вже як типова реопексна система. Подібні системи у харчовій промисловості зустрічаються дуже рідко. Зміцнення зруйнованої структури зразка № 2 при зниженні напруження зсуву за наявності високого вмісту РП є аномальним явищем, яке може бути ефективно використане у технології морозива.

Отже, ефективна в'язкість практично незруйнованої структури свіжого яблучного пюре найвища порівняно зі зразками, які були піддані термічному обробленню в діапазоні активної кислотності від 3,0 до 4,2 од. рН за рахунок численних поверхневих контактів між подрібненими і механічно міцними рослинними волокнами. При подальшому випробуванні структура свіжого пюре швидко і легко руйнувалася, що знижувало його стабілізаційну здатність. Ця особливість робить неприйнятним застосування свіжого пюре як загущувача у сумішах морозива, які під час фризирования будуть піддаватися механічному навантаженню. Лише теплове оброблення у сукупності зі збільшенням кислотності спроможне формувати у яблучному пюре здатність до відновлення структури, що вкрай необхідно у технології морозива.

Йдеться про те, що одним із найвагоміших етапів у технології морозива є формування порції та її загартування при температурі від -30 до -40 °С. За досить незначний інтервал часу (1—3 хв) частково зруйнована при фризирования структура сформованого морозива у статичному стані повинна встигнути частково відновитися. Здатність до зміцнення прошарків між повітряними бульбашками у досить короткий термін сприятиме суттєвому підвищенню якості готового продукту. Саме такій умові відповідають реологічні властивості зразка № 2, який може бути рекомендованим до застосування у складі морозива.

Це твердження потребує подальших досліджень фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей реальних харчових систем — сумішей для виробництва морозива, що містять активоване яблучне пюре.

Висновки

Підвищення кислотності при тепловому обробленні покращує функціонально-технологічні властивості яблучного пюре, збільшує аномалію в'язкості при зруйнуванні та сприяє ефективному відновленню структури.

Ефективна в'язкість яблучного пюре, термічно обробленого при $\text{pH}=3,0$ (зразок № 2), є найвищою серед досліджуваних зразків при максимальному градієнті швидкості зсуву 1312 c^{-1} . Цей зразок демонструє реопексну поведінку, тобто підвищення в'язкості в процесі механічного перемішування. Зразки № 3 та № 4 виявляють тиксотропну поведінку.

Для застосування у складі морозива можна рекомендувати яблучне пюре, піддане тепловому обробленню при $\text{pH} = 3,0$, як ефективний природний структуруючий компонент.

Література

1. *Marshall R.T. Ice Cream / R.T. Marshall, H.D. Goff and R.W. Hartel.* — [6th Edn.] — New York: Kluwer Academic, ISBN 0-306-47700-9, 2003. — 366 p.

2. *Справочник по гидроколлоидам* / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс (ред.). Пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. — СПб.: ГИОРД, 2006. — 536 с.
3. *Thomas R. Laaman. Hydrocolloids in Food Processing* // Blackwell Publishing, Ltd. and Institute of Food Technologists, 2011. — 350 p.
4. *Chiampo, F., Tasso, M., Occelli, A., & Conti, R. Rheological properties of fruit purees* // *Industria Conserve*, 71(3), 1996. — P. 331—336.
5. *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.
6. *Типова технологічна інструкція з виробництва морозива молочного, вершкового, пломбір; плодово-ягідного, ароматичного, шербету, льоду; морозива з комбінованим складом сировини. ТП 31748658-1-2007 до ДСТУ 4733:2007, 4734:2007. 4735:2007* — К.: Асоціація українських виробників «Морозиво і заморожені продукти», 2007. — 100 с.
7. *Горячева О.О., Кайнаш А.П. Дослідження хімічного складу яблук різних помологічних сортів* // *Харчова наука і технологія*. — № 4 (9). — 2009. — С. 33—34.
8. *Гнатенко М.А. Розробка технології пектинових екстрактів так способу їх сушіння: дис. канд. техн. наук: 05.18.05.* — К.: 2002. — 165 с.
9. *Богданов Є.С. Удосконалення технології отримання пектину і пектино-продуктів з свіжої пектиновмісної сировини: дис. канд. техн. наук: 05.18.05.* — К.: 2001. — 157 с.
10. *Мацько Л.М., Поліщук Г.Є., Крапивницька І.О. Яблучне пюре як стабілізатор у морозиві* / Л. М. Мацько, Г.Є. Поліщук [та ін.] // *Продовольча індустрія АПК*. — К.: 2011. — № 5. — С. 18—21.
11. *Косой В.Д. Контроль качества молочных продуктов методами физико-химической механики* / В.Д. Косой, М.Ю. Меркулов, С. Б. Юдина. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 208 с.
12. *Косой В.Д. Инженерная реология в производстве мороженого* / В.Д. Косой, Н.И. Дунченко, А.В. Егоров. — М.: ДеЛи принт, 2008. — 196 с.

ВЛИЯНИЕ АКТИВНОЙ КИСЛОТНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНУЮ ВЯЗКОСТЬ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ЯБЛОЧНОГО ПЮРЕ

Г.Е. Полищук, Л.М. Мацько

Национальный университет пищевых технологий

О.В. Гончарук

Институт химии поверхности им. О.О. Чуйко НАНУ

Г.П. Калинина

Белоцерковский национальный аграрный университет

В статье изучено влияние активной кислотности при тепловой обработке на способность яблочного пюре к структурированию. Объектом исследования

являлось пюре из яблок поздних сортов созревания и его структурно-механические характеристики. Эффективную вязкость определяли с помощью ротационного вискозиметра. Установлено, что повышение кислотности яблочного пюре приводит к переходу от тиксотропного к реопексному характеру восстановления его структуры. Для использования в составе мороженого в качестве эффективного натурального структурирующего компонента рекомендовано яблочное пюре, термически обработанное при $pH = 3,0$.

Ключевые слова: активная кислотность, эффективная вязкость, яблочное пюре, мороженое.