

9. Antonov, A. The water-based fire-extinguishing agent for fire extinguishing of “A” and “B” types by sprayed jets in compliance with all-Union State Standard 27331-87 by using of -30 to $+50^{\circ}\text{C}$ [Text] / A. Antonov, V. Kovalyshyn, A. Turchin, N. Koziar // Patent UA No 52969 U. – 2008. Bull. № 18.

10. Antonov, A. V. The water-based fire-extinguishing agent for fire-extinguishing of “A” and “B” types by sprayed jets in compliance with all-Union State Standard 27331-87 [Text] / A. V. Antonov, V. V. Kovalyshyn, A. I. Turchin, M. N. Vaisman, N. M. Koziar // Patent UA No 96797 C2. – 2011. Bull. № 23.

11. Korobeinichev, O. P. Fire suppression by aqueous solutions salts aerosols [Text] / O. P. Korobeinichev, A. G. Shmakov, A. A. Chernov, T. A. Bol'shova, V. M. Shvartsberg, K. P. Kutsenogii, V. I. Makarov // Comb. Expl. Shock Waves. – 2010. – Vol. 46, Issue 1. – P. 20–25.

References

1. Mykhalitchko, B. M., Kovalyshyn, V. V., Godovanets, N. M. (2013). The water-based fire-extinguishing agent «WGHM-II». Patent UA No 102757 C2, Bulletin, 15.

2. Godovanets, N. M., Mykhalitchko, B. M., Petrovskii, V. L., Scherbina, O. N. (2013). Fire testing of aqueous fire-extinguishing agent on base of copper(II) chloride. Fire safety problems, 33, 38–44.

3. Mykhalitchko, B. M., Scherbina, O. N., Godovanets, N. M., Petrovskii, V. L. (2013). Experimental determination technique of extinguishing efficiency of aqueous solutions of mineral salts. Fire safety, 22, 183–187.

4. Kopylov, N., Chibisov, A., Dushkin, A., Kudriavcev, E. (2008). Study of mechanism of a quenching of the

model centers of a fire by the finely sprayed water. Fire Safety, 4, 45–58.

5. Alehanov, Yu., Bliznecov, M., Vlasov, Yu., Dudin, V., Levushov, A., Logvinov, A., Lomtev, S., Meshkov, E. (2003). Interaction of dispersed water with flame. Letters Journ. Techn. Physics, 29 (6), 1–6.

6. Kovregin, V. V., Kalugin, V. D., Kustov, M. V. Sidorenko, O. V. (2010). Increase of efficiency extinguishing structures on the water basis at the expense of various reagents additives. Bull. LSULS, 4, Part 1, 136–142.

7. Turchin, A., Antonov, A. (2008). Theoretical and experimental aspects of application technologies for fine spraying of water-based fire extinguishing substances. Science Bull. UkrSRIFS, 17 (1), 138–145.

8. Turchin, A. I., Borovikov, V. O., Antonov, A. V., Koziar, N. M. (2008). The investigation for determination of quality coefficient of some water-based fire-extinguishing agents Science Bull. UkrSRIFS, 18 (2), 110–115.

9. Antonov, A. V., Kovalyshyn, V. V., Turchin, A. I., Koziar, N. M. (2009). The water-based fire-extinguishing agent for fire extinguishing of “A” and “B” types by sprayed jets in compliance with all-Union State Standard 27331-87 by using of -30 to $+50^{\circ}\text{C}$. Patent UA No 52969 U, Bulletin, 18.

10. Antonov, A. V., Kovalyshyn, V. V., Turchin, A. I., Vaisman, M. N., Koziar, N. M. (2011). The water-based fire-extinguishing agent for fire-extinguishing of “A” and “B” types by sprayed jets in compliance with all-Union State Standard 27331-87. Patent UA No 96797 C2, Bulletin, 23.

11. Korobeinichev, O. P., Shmakov, A. G., Chernov, A. A., Bol'shova, T. A., Shvartsberg, V. M., Kutsenogii, K. P., Makarov, V. I. (2010). Fire suppression by aqueous solutions salts aerosols. Comb. Expl. Shock Waves, 46 (1), 16–20.

Дата находження рукопису 22.06.2015

Mykhalichko Borys, Doctor of Science (chemistry), Professor, Department of burning processes and General Chemistry, L'viv state university of life safety, Kleparivs'ka Str., 35, L'viv, Ukraine, 79007

E-mail: mykhalitchko@email.ua

Scherbina Olga, Philosophy doctor (pharmaceutics), Docent, Department of burning processes and General Chemistry, L'viv state university of life safety, Kleparivs'ka Str., 35, L'viv, Ukraine, 79007

Mykhalichko Oleg, Philosophy doctor (chemistry), Chemist Analyst, Chemical analysis laboratory. “FUCHS MASTYLA UKRAINA” LLC, Shevchenka Str., 327-A, L'viv, Ukraine, 79069

E-mail: o.mykhalichko@fuchs-oil.com.ua

Petrovskii Vitalii, Without scientific degree, Senior researcher, Testing laboratory of fire safety, L'viv state university of life safety, Kleparivs'ka Str., 35, L'viv, Ukraine, 79007

УДК 664.292

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.45905

ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ПЕКТИНОВИХ ГЕЛІВ

© **І. О. Крапивницька, П. В. Гурський, Ф. В. Перцевий**

Термогравіметричним методом за постійної швидкості нагрівання досліджено втрати маси та швидкість перетворень, що відбуваються в гелях цитрусового та яблучного пектину різного ступеня етерифікації та вплив цитрату натрію на втрати маси гелю пектину низькоетерифікованого. Встановлено залежність ступеня зміни маси від температури гелів цитрусового та яблучного пектину з високого та низького ступеня етерифікації

Ключові слова: ендоефекти, термостабільність, ендотермічний процес, дегідратація, термоаналіз, форми зв'язку вологи

A weight loss and speed change occurring in gels of citrus and apple pectin of different degree of esterification and the effect of sodium citrate on the mass loss of low pectin gel are studied by thermographic technique constant heating rate. The dependence of the degree of weight change on temperature of gel of citrus and apple pectin with high and low degree of esterification is determined

Keywords: endo-effects, thermal stability, endothermic process, dehydration, thermal analysis, forms of moisture binding

1. Вступ

За останні роки у різних країнах світу виробництво пектину збільшилось майже у два рази. Унікальні властивості пектину як харчової та біологічної добавки зумовили його особливу роль в економіці розвинутих країн. Пектин широко використовують в різних галузях харчової промисловості як geleутворювач, стабілізатор, згущувач та емульгатор. Виходячи з цього, актуальним для розвитку пектинової галузі України є проведення комплексу теоретичних та експериментальних досліджень з метою наукового обґрунтування та розроблення сучасних, високоефективних технологій пектину та пектинопродуктів [1, 2].

2. Постановка проблеми

Фізико-хімічні властивості комерційних пектинів залежать від їх молекулярної маси і ступеню етерифікації. Ступінь етерифікації визначається кількістю молей метанола на 100 моль галактуронової кислоти [3]. Пектини з високим ступенем метоксилювання містять більше 50 % етерифікованих залишків галактуронану. Низькоетерифіковані пектини мають нижчий ступінь етерифікації і містять менше ніж 50 % етерифікованих залишків. Обидві групи пектинових полісахаридів утворюють гелі, але при різних умовах: для низькоетерифікованих пектинів потрібні низькі значення рН середовища або присутність іонів кальцію, а для високоетерифікованих пектинів geleутворення відбувається за рахунок гідрофобних взаємодій [2, 3].

Дослідження впливу рецептурних компонентів на термічну стійкість гелів разом з іншими дослідженнями дозволяють визначитись із рецептурним складом та температурним діапазоном теплової обробки [4].

3. Літературний огляд

Важливим фактором стабільності та якості Гелів під час виробництва, зберігання та використання у складі кондитерської та кулінарної продукції є їх термостійкість, що зумовлюється компонентним складом та вмістом сухих речовин. Зміна значень термостійкості характеризує інтенсивність протікання хімічних і біохімічних процесів, що впливають на структуру та обґрунтовують тривалість зберігання гелів [4].

Більшість фізичних та хімічних процесів супроводжується виділенням або поглинанням тепла, при чому деякі з них можуть проходити як у прямому, так і зворотньому напрямках: плавлення-кристалізація, кипіння-конденсація, поліморфні перетворення. Усі ці процеси можна вивчати, фіксуючи зміни маси та температури зразка [5, 6].

Здійснювати визначення кінетичних параметрів ендотермічних процесів, що відбуваються зі зміною маси, можна за допомогою термогравіметрії (ТГ) і диференціального термічного аналізу (ДТА) на дериватографі. В основу цих методів покладено припущення, що в умовах постійної швидкості нагрівання, значення ступеня зміни маси чи поглинання тепла системою на початку області, що фіксується, і максимального розвитку процесу пропорційні константі швидкості перетворення для кожного значення температури [7, 8].

Термогравіметричні прилади дериватографи – є одними з найбільш ефективних видів обладнання, за допомогою якого з великою точністю можна визначити усі кількісні та якісні зміни в досліджуваних зразках харчових продуктів, що супроводжуються зменшенням маси внаслідок випаровування вологи під час теплової обробки. Універсальний чотирирохканальний реєструвальний пристрій, що приєднується до дериватографа дозволяє фіксувати процеси, які відбуваються залежно від часу, або від температури у вигляді дериватограм [7, 8].

4. Дослідження втрат маси та швидкості перетворень, що відбуваються в цитрусових та яблучних пектинових гелях під час нагрівання

Завданням експерименту було:

– вивчення процесів, які відбуваються в пектинових гелях в наслідок інтенсивного нагрівання протягом їх плавлення [9];

– дослідження впливу цитрату кальцію на величину втрат маси та термічну стійкість низькоетерифікованих пектинових гелів;

– дослідження ступеня зміни маси та форм зв'язку вологи пектинових гелів залежно від ступеня етерифікації.

Об'єктом дослідження були гелі пектинів, до складу яких входили:

– зразок № 1 – пектин цитрусовий високоетерифікований (ступінь етерифікації СЕ 67...69 %) – 1,0 г, цукор – 65 г, лимонна кислота – 0,8 г;

– зразок № 2 – пектин цитрусовий низькоетерифікований (ступінь етерифікації СЕ 36...39 %) – 1,0 г, цукор – 65 г, лимонна кислота – 0,8 г;

– зразок № 3 – пектин цитрусовий низькоетерифікований (ступінь етерифікації СЕ 36...39 %) – 1,0 г, цукор – 65 г, лимонна кислота – 0,8 г, цитрат кальцію – 30 мг;

– зразок № 4 – пектин яблучний високоетерифікований (ступінь етерифікації СЕ 67...69 %) – 1,0 г, цукор – 65 г, лимонна кислота – 0,8 г;

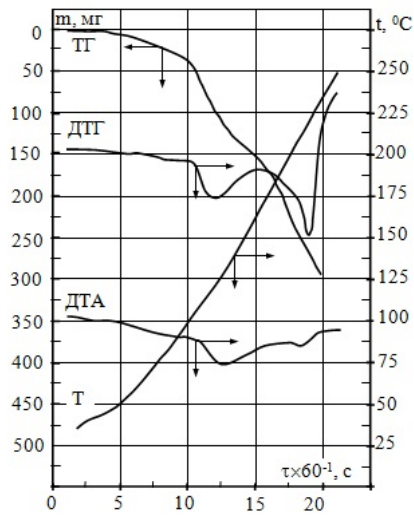
– зразок № 5 – пектин яблучний низькоетерифікований (ступінь етерифікації СЕ 37...40 %) – 1,0 г, цукор – 65 г, лимонна кислота – 0,8 г;

– зразок № 6 – пектин яблучний низькоетерифікований (ступінь етерифікації СЕ 37...40 %) – 1,0 г, цукор – 65 г, лимонна кислота – 0,8 г, цитрат кальцію – 30 мг.

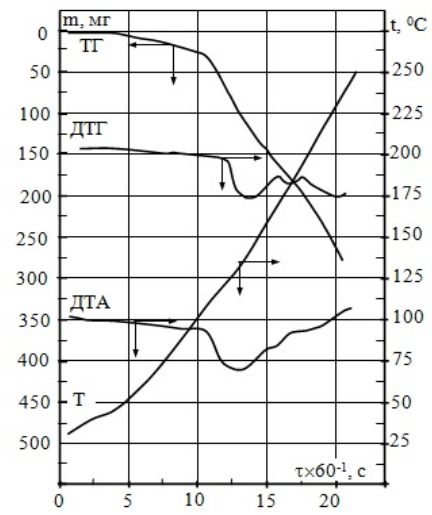
5. Апробація результатів досліджень

Експериментальні дослідження гелів цитрусового і яблучного пектину з різним ступенем етерифікації проводили за швидкості нагрівання $2,5 \pm 1$ °C/хв., нагріваючи зразки з наважкою 500 ± 10 мг до температури 250 °C у повітряному середовищі печі дериватографа за неізотермічних умов на титановому тиглі.

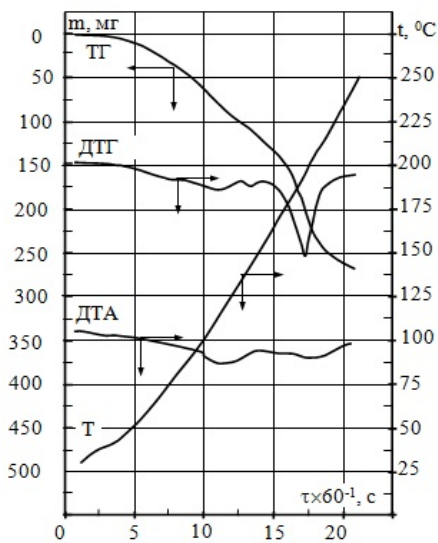
Встановлено, що процес розкладання усіх зразків цитрусових і яблучних пектинових Гелів відбувається ендотермічно в дві стадії. На диференціальних кривих теплових ефектів ДТА зафіксовано по два ендоефекти, положення яких для кожного зразка різне (рис. 1 а-в; рис. 2 а-в) [9].



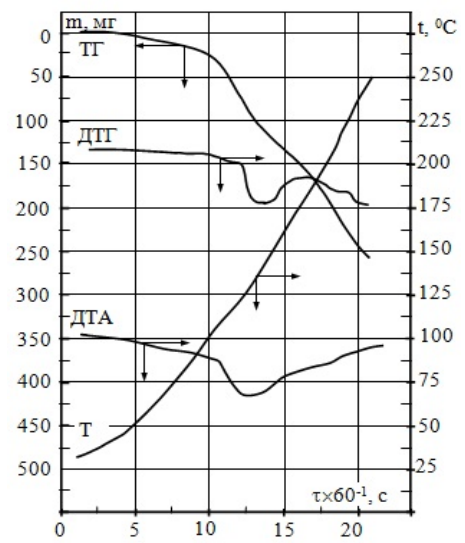
а) Зразок № 1



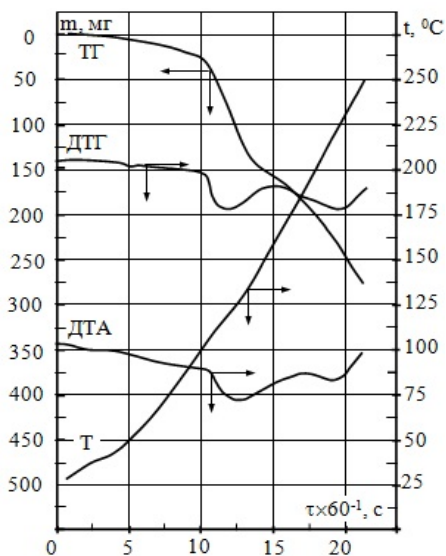
а) Зразок № 4



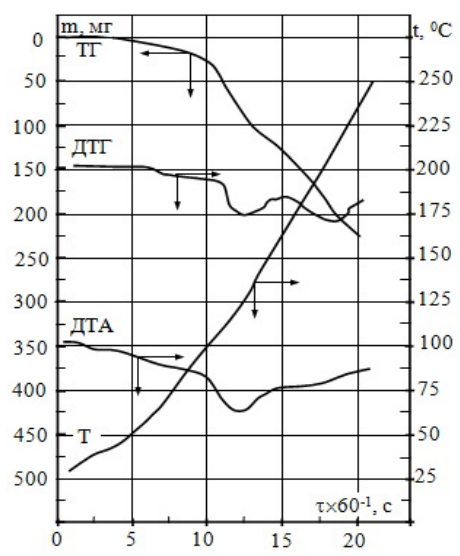
б) Зразок № 2



б) Зразок № 5



в) Зразок № 3



в) Зразок № 6

Рис. 1. Дериватограми гелів цитрусового пектину з різним ступенем етерифікації: а – гель пектину високоетерифікованого; б – гель пектину низько-етерифікованого; в – гель пектину низькоетерифікованого з додаванням цитрату натрію

Рис. 2. Дериватограми гелів яблучного пектину з різним ступенем етерифікації: а – гель пектину високоетерифікованого; б – гель пектину низькоетерифікованого; в – гель пектину низькоетерифікованого з додаванням цитрату натрію

Встановлено, що до 38 °С зразки цитрусового пектинового гелю (рис. 1) стабільні. Інтенсивні втрати маси усіх зразків починаються за температури 109 °С. В інтервалі температур 109–190 °С втрати маси усіх зразків супроводжуються вираженим ендотермічним ефектом – випарюванням.

Втрати маси зразка № 1 до 109 °С становлять 32 % від наважки, з максимальними швидкостями втрати маси відбуваються протягом 2-х ендотермічних процесів в діапазоні температур 109–154 °С і за температури 140 °С становлять $\Delta m=63$ %.

Втрати маси зразка № 2 до 109 °С становлять 15 % від наважки, в інтервалі температур 109–173 °С втрати маси відбуваються з максимальними швидкостями і за температури 160 °С становлять $\Delta m=42$ %.

Втрати маси зразка № 3 до 109 °С становлять 8 % від наважки, в інтервалі температур 109–195 °С втрати маси відбуваються з максимальними швидкостями і за температури 170 °С становлять $\Delta m=24$ %.

З аналізу дериватограм яблучного пектинового гелю (рис. 2) видно, що втрати маси починаються при різних температурах у досліджуваних зразків. В інтервалі температур 110–214 °С втрати маси усіх зразків супроводжуються вираженим ендотермічним ефектом – випарюванням.

Втрати маси зразка №4 починаються з $t=42$ °С до 110 °С становлять 7 % від наважки, в інтервалі температур 110–174 °С втрати маси відбуваються з максимальними швидкостями і за температури 145 °С становлять $\Delta m=37$ %.

Втрати маси зразка № 5 починаються за $t=48$ до 112 °С становлять 5 % від наважки, в інтервалі температур 112–188 °С втрати маси відбуваються з максимальними швидкостями і за температури 160 °С становлять $\Delta m=23$ %.

Втрати маси зразка № 6 починаються з $t=54$ °С до 116 °С становлять 3 % від наважки, в інтервалі температур 116–214 °С втрати маси відбуваються з максимальними швидкостями і за температури 190 °С становлять $\Delta m=21$ %.

Максимальні значення температур, які характеризують стадії термічного розкладання цитрусових і яблучних пектинових гелів під дією температурного впливу наведені в табл. 1.

Таблиця 1
Характеристика стадій розкладання пектинових гелів

Гелі пектину	Положення максимумів ДТА, °С	
	1 стадія	2 стадія
Цитрусового		
– високоетерифікованого	104	163
– низькоетерифікованого	109	178
– низькоетерифікованого з додаванням цитрату натрію	111	204
Яблучного		
– високоетерифікованого	110	174
– низькоетерифікованого	112	188
– низькоетерифікованого з додаванням цитрату натрію	116	214

Перша стадія характеризує початок процесу плавлення гелю, друга – завершення процесу пла-

влення. За подальшого нагрівання відбуваються значні втрати води внаслідок її інтенсивного випарювання, що характеризують початок процесу руйнування структури.

Порівняльний аналіз термоаналітичних кривих (ТГ, ДТГ, ДТА, Т) зразків показав, що швидкість процесу розкладання гелів високоетерифікованого пектину суттєво вища на першій та другій стадії (початок та кінець процесу плавлення) ніж гелів низькоетерифікованого пектину та особливо гелів низько-етерифікованого пектину з цитратом кальцію [6; 7].

На всіх стадіях розкладання експериментальних зразків гелів цитрусового і яблучного пектину відбуваються втрати маси внаслідок випарювання води.

Доведено, що більшу термічну стійкість мають зразки гелів яблучного пектину. Найбільші втрати маси мають гелі цитрусового високоетерифікованого пектину на 1-й та 2-й стадіях і досягають відповідно 15 % та 45 % (75 мг і 225 мг). Втрати маси гелів цитрусового і яблучного низькоетерифікованого пектину з цитратом кальцію значно менші та відповідно складають на першій стадії 11 % (55 мг) і 10 % (50 мг) на другій стадії 44 % (220 мг) і 38 % (190 мг). Тобто зразок гелів низькоетерифікованого пектину з цитратом кальцію більш термостабільний ніж гелів низькоетерифікованого пектину без цитрату натрію.

Ступінь зміни маси α гелів цитрусового (рис. 3, а) і яблучного (рис. 3, б) пектину розраховували як відношення Δm_1 з інтервалом 5 °С до загальної кількості води, яка міститься в пектинових драглях, видаленої наприкінці процесу дегідратації (крива ДТГ).

Загальні втрати маси при нагріванні до 200 °С гелів цитрусового високоетерифікованого пектину (зразок 1) складає 48,0 %, гелів низькоетерифікованого пектину (зразок 2) – 43,0 %, гелів низькоетерифікованого пектину з цитратом кальцію (зразок 3) 38,0 %,

Загальні втрати маси при нагріванні до 200 °С гелів цитрусового високоетерифікованого пектину (зразок 4) складає 42,0 %, гелів низькоетерифікованого пектину (зразок 5) – 38,0 %, гелів низькоетерифікованого пектину з цитратом кальцію (зразок 6) 35,0 %.

Отримані криві ТГ у координатах $\alpha-t$ (рис. 3) мають S-подібний вигляд, що характеризує різні форми взаємодії води і сухих речовин гелів яблучного пектину з різним ступенем етерифікації і, як результат цих взаємодій, розходження у швидкості вивільнення води під час теплової обробки. Отже, криві залежності зміни маси гелів яблучного пектину від температури дозволяють вивчити кінетику нерівноцінних форм зв'язку вологи і відбивають різну швидкість дегідратації.

Для визначення характеристичних температурних інтервалів ступенів дегідратації гелів внаслідок видалення вологи різних форм зв'язку з гелів цитрусового та яблучного пектину різного ступеня етерифікації отримані криві ступеня змін маси від температури в координатах $\alpha-t$ (рис. 3) представляли в координатах $\log \alpha -1000/K$ (рис. 4).

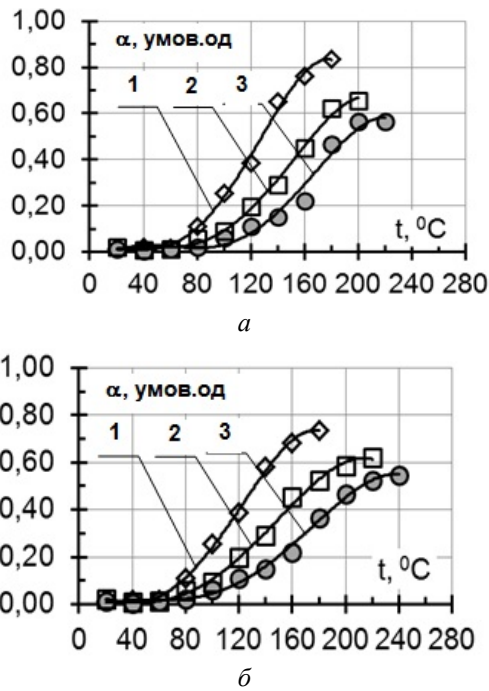


Рис. 3. Залежність ступеня змін маси від температури гелю пектину різної етерифікації: *a* – цитрусового; *б* – яблучного; 1 – високоетерифікованого; 2 – низькоетерифікованого; 3 – низькоетерифікованого з цитратом кальцію

Доведено, що на першій стадії, за температури 293...373 °K (рис. 4 ділянка *AB*) відбувається видалення «вільної» чи механічно зв'язаної (капілярної) вологи, що має невисоку енергію зв'язку з гелем.

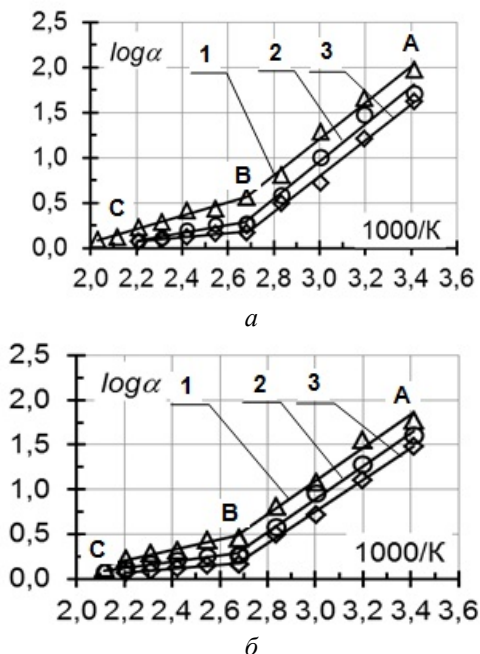


Рис. 4. Залежність логарифма ступеню змін маси від температури гелю пектину: *a* – цитрусового; *б* – яблучного різної етерифікації; 1 – високо-етерифікованого; 2 – низькоетерифікованого; 3 – низькоетерифікованого з цитратом кальцію

Спочатку вивільнюється вода, що утворює структурну сітку молекул води, зв'язаних водневими зв'язками між собою, а також частина осмотично та імібілізаційно зв'язаної вологи, що утримується в замкнених осередках макромолекул пектину, вивільнюється незначна частина слабо зв'язаної адсорбційної вологи полімолекулярних шарів усередині часток гелів. Вода, що при цьому виділяється, утворює кілька наступних шарів молекул більш міцно зв'язаних з цукрами макромолекул пектину. При цьому десорбція капілярної води характеризується більш низькими величинами енергії активації порівняно з водою, яка вивільнюється на другій стадії процесу.

На другій стадії (ділянка *BC*), у процесі нагрівання за температури 373...493 °K, ймовірно, відбувається послаблення водневих зв'язків між молекулами води та вільними недисоційованими карбоксильними групами із наступним їх руйнуванням. Тобто, під час розгортання ланцюгів пектину у результаті порушення гідрофобних взаємодій полісахариду та сахарози з молекулами води вивільнюється хімічно зв'язана волога та відбувається деструкція вуглеводневих речовин пектинових гелів, що супроводжується інтенсивною втратою маси.

Глибокий пік ендотермічного ефекту за температури 473 °K, вірогідно характеризує процес вивільнення молекул міцно зв'язаної адсорбційної вологи і хімічно зв'язаної вологи з виділенням газоподібних фракцій, що призводить до руйнування структури гелів.

6. Висновки

Встановлено, що процес розкладання гелів цитрусового та яблучного пектину відбувається ендотермічно в дві стадії з втратою маси внаслідок випаровування води. Найбільш термостабільними є зразки з цитратом кальцію. За температури вище 190 °C для гелів цитрусового пектину та за температури вище 214 °C для гелів яблучного пектину спостерігається деструкція вуглеводневих речовин з повним розкладанням і втратою всієї вологи, що міститься в системі.

Під час нагрівання за неізотермічних умов температурний інтервал видалення капілярної слабо зв'язаної осмотичної вологи гелів цитрусового пектину приблизно однаковий і складає 36–109 °C втрати маси зразка № 3 з цитратом кальцію найменші і становлять 8 % від наважки. Температурний інтервал видалення капілярної слабо зв'язаної осмотичної вологи гелів яблучного пектину дещо вищий і приблизно складає 42–116 °C; втрати маси зразка № 3 з цитратом кальцію найменші і становлять 3 % від наважки.

Температурний інтервал видалення міцно зв'язаної адсорбційної вологи і хімічно зв'язаної вологи гелів цитрусового пектину знаходиться в межах 109–195 °C. В цьому діапазоні втрати вологи відбуваються з максимальними швидкостями і за температури 170 °C для зразка № 3 з цитратом кальцію найменші і становлять $\Delta m=24\%$.

Температурний інтервал видалення міцно зв'язаної адсорбційної вологи і хімічно зв'язаної вологи гелів яблучного пектину знаходиться в межах 110–214 °C. В цьому діапазоні втрати вологи відбу-

ваються з максимальними швидкостями і за температури 190 °С для зразка № 6 з цитратом кальцію найменші і становлять $\Delta m=21\%$.

Література

1. Крапивницька, І. О. Наукові та практичні аспекти пектину і пектинопродуктів [Текст]: монографія / І. О. Крапивницька, Ф. В. Перцевої, Є. О. Омельчук. – Суми: Сумський національний аграрний університет, 2015. – 314 с.
2. Гулий, І. С. Пектин. Производство пектина и пектиновых экстрактов [Текст] / И. С. Гулий, Л. В. Донченко, В. В. Нелина, Н. С. Карпович. – К.: Ассоциация «Пектин», 1992. – 56 с.
3. Нелина, В. В. Физико-химические свойства пектиновых веществ. Разработка и совершенствование технологий пектина и пектинопродуктов [Текст] / В. В. Нелина. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 1996. – 102 с.
4. Костенко, Т. И. Пектин. Применение пектина [Текст] / Т. И. Костенко, В. В. Нелина, Л. В. Донченко, Н. С. Карпович. – К.: Пектин, 1992. – 51 с.
5. Перцевий, Ф. В. Дослідження процесу плавлення сирної пасти за допомогою дериватографа Q-1000 [Текст]: зб. наук. пр. / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, А. Л. Фощан, Л. О. Чуйко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. – Харківський державний університет харчування та торгівлі. – 2005. – Вип. 2. – С. 35–41.
6. Перцевий, Ф. В. Дослідження впливу агару на процес дегідратації пасти закусочної за допомогою диференціальної термогравіметрії [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, Д. О. Бідюк // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробн. – 2011. – Вип. 119. – С. 179–186.
7. Берг, Л. Г. Введение в термографию [Текст] / Л. Г. Берг. – М.: АН СССР, 1961. – 486 с.
8. Пилоян, Г. О. Вычисление кинетических параметров по данным дериватографических измерений [Текст] / Г. О. Пилоян, О. С. Новикова // Журн. неорганической химии. – 1967. – Вып. 12. – С. 602–605.
9. Пилоян, Г. О. Введение в теорию термического анализа [Текст] / Г. О. Пилоян. – М.: Наука, 1964. – 284 с.

References

1. Krapivnitska, I. O., Pertsevov, F. V., Omelchuk, E. O. (2015). Naukovi ta praktichni aspekti pektinu i pektinoproductiv : monografiya [Scientific and practical aspects of pectin and pectin products]. Sumy: Sumy National Agrarian University, 314.
2. Gulyiy, I. S., Donchenko, L. V., Nelina V. V., Karpovich, N. S. (1992). Pektin. Proizvodstvo pektina i pektinovyih ekstraktov [Production of pectin and pectin extracts]. Kiev: Association of Pektin, 56.
3. Nelina, V. V. (1996). Fiziko-himicheskie svoystva pektinovyih veschestv. Razrabotka i sovershenstvovanie tehnologiy pektina i pektinoproductov [Physico-chemical properties of pectin. Development and improvement of technology of pectin and pectin products]. Krasnodar : Kuban State Agrarian University, 102.
4. Kostenko, T. I., Nelina, V. V., Donchenko, L. V., Karpovich, N. S. (1992). Pektin. Primenenie pektina [Pektin. The use of pectin]. Kiev: Pektin, 51.
5. Pertsevov, F. V., Gurskiy, P. V., Foschan, A. L., Chuyko, L. O. (2005). Doslidzhennya protsesu plavlennya sirnoyi pasti za dopomogoyu derivatografa Q-1000 [Investigation of melting cheese paste using derivatograph Q-1000]. Kharkiv: Kharkov State University of Food Technology and Trade, 2, 35–41.
6. Pertseviy, F. V., Gurskiy, P. V., BIdyuk, D. O. (2011). Doslidzhennya vplivu agaru na protses degidratatsiyi pasti zakusochnoyi za dopomogoyu diferentsialnoyi termogravimetriyi [The influence on the process of dehydration agar paste diner using differential thermo gravimetric]. Kharkiv: Kharkiv National Technical University of Agriculture, 119, 179–186.
7. Berg, L. G. (1961). Vvedenie v termografiyu [Introduction to Thermography]. Moscow: USSR Academy of Sciences, 486.
8. Piloyan, G. O., Novikova, O. S. (1967). Vyichislenie kineticheskikh parametrov po dannym derivatograficheskikh izmereniy [Calculation of kinetic parameters according to measurements gravimetric]. Journal of Inorganic Chemistry, 12, 602–605.
9. Piloyan, G. O. (1964). Vvedenie v teoriyu termicheskogo analiza [Introduction to Thermal Analysis]. Moscow: Science, 284.

Дата надходження рукопису 16.06.2015

Крапивницька Ірина Олексіївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології цукру і підготовки води, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033

E-mail: eos_irina@mail.ru

Гурський Петро Васильович, кандидат технічних наук, доцент, професор, кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, вул. Артема, 44, м. Харків, Україна, 61002

E-mail: gurskiy_peter@mail.ru

Перцевої Федір Всеволодович, доктор технічних наук, професор, кафедра технології харчування, Сумський національний аграрний університет, вул. Кірова, 160, м. Суми, Україна, 40021