

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 635.646:581.199

Світлана БЕЛІНСЬКА

ДИНАМІКА АКТИВНОСТІ ФЕРМЕНТІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ БАКЛАЖАНІВ

Проаналізовано вплив попередньої обробки та заморожування на активність ферментів баклажанів. Установлено позитивний вплив витримки підготовлених до заморожування баклажанів у розчині кухонної солі на зниження активності аскорбінаоксидази та поліфенолоксидази, що сприяє збереженості кольору та С-вітамінної цінності замороженої продукції.

Ключові слова: швидкозаморожені баклажани, аскорбінаоксидаза, поліфенолоксидаза, аскорбінова кислота.

Белинская С. Динамика активности ферментов при переработке баклажанов. Проанализировано влияние предварительной обработки и замораживания на активность ферментов баклажанов. Установлено положительное влияние выдержки подготовленных к замораживанию баклажанов в растворе кухонной соли на снижение активности аскорбинатаксидазы и полифенолоксидазы, что способствует сохранению цвета и С-витаминной ценности замороженной продукции.

Ключевые слова: быстрозамороженные баклажаны, аскорбинатаксидаза, полифенолоксидаза, аскорбиновая кислота.

Постановка проблеми. Формування споживних властивостей заморожених плодів і овочів є сукупним результатом протікання хімічних, фізичних і біохімічних процесів. Управління напрямками та швидкістю цих процесів, зокрема, біохімічних, дає змогу мінімізувати втрати біологічно активних речовин, властивих рослинній сировині, стабілізувати колір, запах і смак під час заморожування та протягом низькотемпературного зберігання.

Ферменти рослинної сировини відрізняються високою каталітичною активністю та лабільністю, кожному з яких притаманна специфічність щодо типу та субстрату ферментативної реакції. Науковцями України Т. В. Щербаковою [1], Н. Я. Орловою [2], Т. Д. Пилипенко [3] та світовими вченими [4–9] доведено, що характер змін, зумовлений активністю ферментів, залежить від видових і сортових особливостей плодоовочевої сировини, значення рН, температури.

Відомо, що аскорбінатоксидаза (АО) та поліфенолоксидаза (ПФО) прискорюють окиснення аскорбінової кислоти, яка слугує визначальним критерієм вибору заощадливого способу перероблення рослинної сировини. Активність АО різних видів плодів і овочів неоднакова: в огірках і кабачках вона дуже висока, проте слабо проявляється в картоплі та капусті. У деяких овочах – цибулі, перці та плодах – мандаринах, апельсинах, шипшині, чорній смородині – АО взагалі відсутня [10]. Ще в 1958 р. В. І. Шелапутіним і А. К. Саатчаном встановлено, що 52.8 % втрат аскорбінової кислоти під час заморожування персиків зумовлено дією ПФО, 37.8 – пероксидази (ПО) і лише 9.4 % – АО [11].

Активність ПФО є також причиною зміни забарвлення рослинної сировини протягом перероблення та зберігання. Утворення темно-забарвлених сполук та потемніння м'якоти плодів і овочів є результатом впливу ПФО на поліфеноли. У рослинних клітинах поліфеноли перебувають переважно у відновленому стані, однак при пошкодженні цілісності тканин і клітин (при подрібненні овочів) окиснювально-відновні реакції перериваються, активовані оксидазами кисень окиснює поліфеноли до хінонів із утворенням червоних і коричневих пігментів.

Із активністю окиснювально-відновних ферментів пов'язані зміни запаху та смаку плодів і овочів під час тривалого низькотемпературного зберігання. Зумовлені вони переважно активністю ПО. Якщо АО та ПФО для окиснювальних реакцій використовує молекулярний кисень, то ПО на речовину, що окиснюється, переносить тільки перекисний кисень. Таким чином, дія ПО зумовлена наявністю в клітині перекису водню або інших органічних перекисів. Під дією ПО відбувається дегідратування амінів, фенолів, флавонів, амінокислот, що супроводжується виникненням у сировині невластивих запахів і присмаків.

Зміни властивостей рослинної сировини, зумовлені діяльністю ферментів, узагальнено представлено в таблиці.

Зміни споживних властивостей рослинної сировини під дією ферментів

Показник	Фермент	Реакція	Зміни
Смак і запах	Ліпаза, естераза	Гідроліз	Гідролізне згіркнення (смак мила)
	Ліпооксидаза	Окиснення	Окислювальна прогірклість (прогірклий смак)
	Каталаза, пероксидаза		Невластивий присмак, запах
	Протеаза	Гідроліз	Гіркий смак
	Амілаза		Солодкий смак
Забарвлення	Поліфенол-оксидаза	Окиснення	Зміна забарвлення, потемніння
Консистенція	Пектинметил-естераза	Гідроліз	Розм'якшення тканин
Біологічна цінність	Аскорбінат-оксидаза	Окиснення	Зниження вмісту вітаміну С
	Тіаміназа		Зниження вмісту вітаміну В ₁

Для запобігання небажаних змін, які відбуваються під час заморожування та холодильного зберігання, поширеним способом інактивації ферментів є бланшування продукту. Однак при попередній тепловій обробці відбуваються необоротні зміни консистенції продукту, втрачається значна частина біологічно активних речовин, особливо вітаміну С, продукція набуває вареного смаку. Саме тому проблема інактивації ферментів повинна вирішуватися з урахуванням видових особливостей сировини, органолептичних властивостей і мети подальшого використання овочів.

Мета роботи – наукове обґрунтування способу зниження активності ферментів баклажанів задля отримання замороженої продукції з мінімальними втратами вітамінної цінності та змінами органолептичних властивостей.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – баклажани сорту *Алмаз*.

Визначено активність АО, ПФО (в умовних одиницях – мкмоль аскорбінової кислоти, окисненої за 1 хв) за Х. М. Починком [12], вміст аскорбінової кислоти – за стандартом [13] у баклажанах без обробки (контроль) і витриманих у розчині кухонної солі (дослід) до заморожування та протягом 9-ти місяців низькотемпературного зберігання через кожні 3 міс.

Результати досліджень. Попередньо встановлено негативний вплив бланшування на споживні властивості баклажанів через суттєве розм'якшення консистенції. Як альтернативний спосіб інактивації ферментів запропоновано витримку підготовлених до заморожування баклажанів у розчині кухонної солі. Оскільки ПФО і АО мідьвмісні ферменти, то їх інгібіторами є хлориди, які вступають у реакції заміщення й витісняють іони міді із структури ферменту, що й зумовлює інактивацію. Цим пояснюється збереження кольору заморожених баклажанів протягом тривалого зберігання.

Час витримки баклажанів та оптимальну концентрацію розчину кухонної солі, які сприяють стабілізації споживних властивостей баклажанів, визначено на основі результатів експериментальних досліджень і застосування методів кореляційно-регресійного аналізу та математичного моделювання. Для цього проведено серію експериментів, в якій визначено змінні параметри – тривалість витримки баклажанів із кроком 5 од. (від 5-ти до 30 хв) і концентрація розчину кухонної солі – із кроком 0.5 од. (від 0.1 до 3 %). Цільові функції оптимізації – активність АО та ПФО зі спрямуванням їх до *min* та масова частка аскорбінової кислоти зі спрямуванням до *max*.

За результатами досліджень розроблено математичні моделі залежності активності АО, ПФО, вмісту аскорбінової кислоти від

параметрів попередньої обробки, які з надійністю $P = 0.95$ адекватні експериментальним даним:

$$y_1 = 2.508 - 0.055x_1 - 0.221x_2 \quad (R^2 = 0.972); \quad (1)$$

$$y_2 = 16.159 - 0.272x_1 - 1.280x_2 \quad (R^2 = 0.977); \quad (2)$$

$$y_3 = 11.478 - 0.296x_1 + 0.020x_2 - 1.184x_3 \quad (R^2 = 0.983), \quad (3)$$

де y_1, y_2 – активність АО, ПФО (ум. од.);

y_3 – масова частка аскорбінової кислоти, мг/100 г;

x_1 – тривалість витримки, хв;

x_2 – концентрація розчину кухонної солі, %;

x_3 – активність АО (ум. од.).

Установлено, що максимальне зниження активності ПФО та АО за умови збереженості С-вітамінної цінності спостерігається під час витримки підготовлених до заморожування баклажанів у 3 %-му розчині кухонної солі протягом 9 хв.

Результати досліджень корелюють із даними наукової літератури [3–5] і свідчать, що під час заморожування та холодильного зберігання рослинної сировини відбувається зниження С-вітамінної цінності (рис. 1). Це пояснюється тим, що при низькотемпературному обробленні не відбувається повної інактивації ферментів, а їх часткова активність зумовлена від'єднанням ферментів від білкового комплексу протопласту клітин, цілісність яких порушена під час заморожування, і переходом їх у розчинний стан.

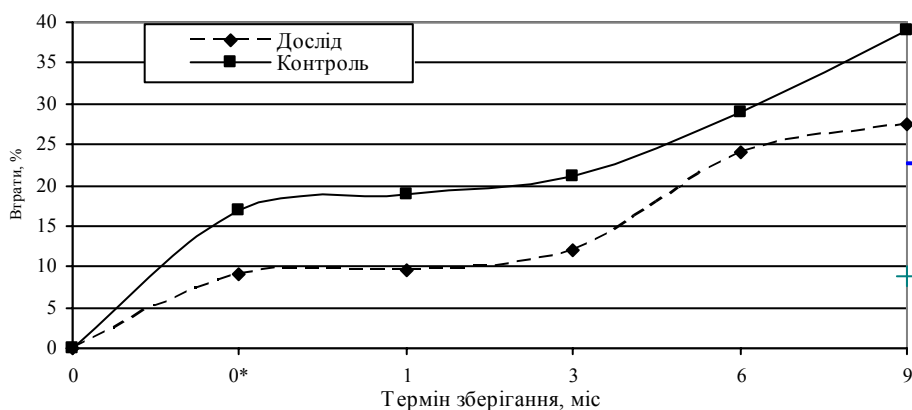


Рис. 1. Динаміка втрат аскорбінової кислоти в баклажанах протягом низькотемпературного зберігання

Примітка: 0 – до заморожування; 0* – свіжозаморожені баклажани.

Значні втрати аскорбінової кислоти відбуваються на етапі заморожування та зростають протягом зберігання.

Установлено, що під час заморожування активність АО баклажанів знижується, а в процесі зберігання – дещо зростає. Саме цим і пояснюються процеси окиснення аскорбінової кислоти, які відбуваються під час низькотемпературного зберігання.

Динаміку активності АО баклажанів без обробки та витриманих у розчині кухонної солі наведено на *рис. 2*.

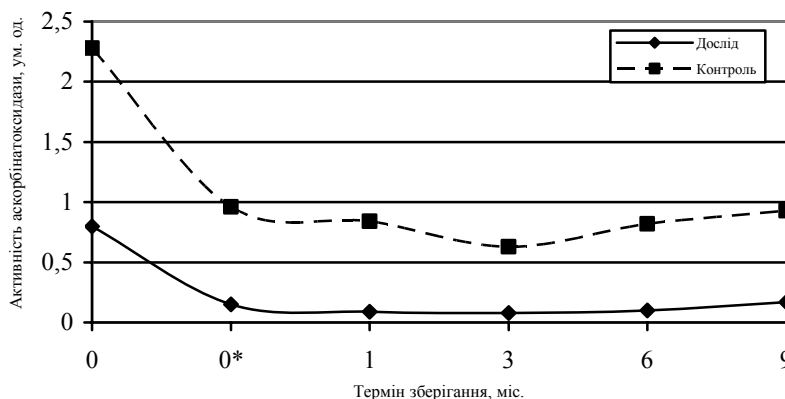


Рис. 2. Динаміка активності аскорбінаоксидази

Примітка: 0 – до заморожування; 0* – свіжозаморожені баклажани.

Під час заморожування активність аскорбінаоксидази в баклажанах без обробки зменшується у 2.4 раза, в дослідних – у 5.3, а порівняно зі зразками без попередньої обробки – в 15.2 раза. Проте після 3-х міс. холодильного зберігання відбувається незначна реактивація ферменту, що супроводжується зниженням частки аскорбінової кислоти.

В окисненні аскорбінової кислоти частково бере участь й ПФО, субстратом для якої є поліфенольні сполуки. Поліфеноли за участю ферменту окиснюються до хінонів, унаслідок чого природний колір рослинної сировини змінюється з утворенням бурих відтінків. Баклажани, порівняно з іншими видами овочів, відрізняються суттєвою зміною кольору м'якоті при заморожуванні та зберіганні, що підтверджено результатами визначення активності ПФО.

Після витримки баклажанів у розчині кухонної солі активність ПФО знижується на 36.2 %: з 14.7 до 9.4 ум. од., а після заморожування, порівняно із свіжою сировиною, її активність знижується на 58.9 %. У баклажанах, заморожених без попередньої обробки, активність ферменту, порівняно зі свіжою сировиною, знижується на 35.6 % (*рис. 3*).

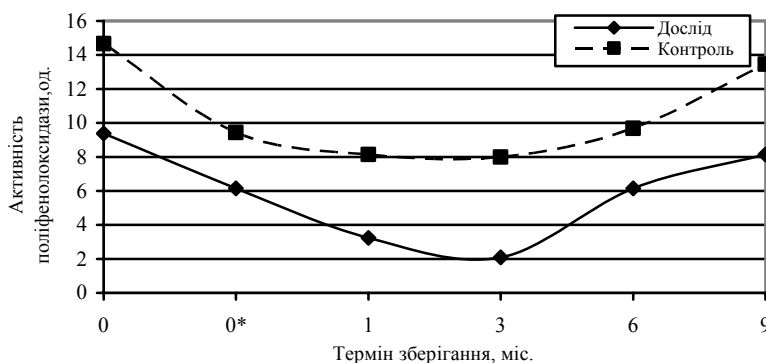


Рис. 3. Динаміка активності поліфенолоксидази

Примітка: 0 – до заморожування; 0* – свіжозаморожені баклажани.

Активність ПФО залежно від терміну холодильного зберігання представлено у вигляді рівнянь:

$$y_1 = 1.0175x^2 - 7.2776x + 20.608 \quad (R = 0.983); \quad (4)$$

$$y_2 = 1.4387x^2 - 11.036x + 23.543 \quad (R = 0.9394), \quad (5)$$

де y_1 – активність ПФО в баклажанах без обробки;
 y_2 – активність ПФО в баклажанах, витриманих у розчині кухонної солі;
 x – термін зберігання.

Із залежностей слідує, що реактивація ферменту в баклажанах без обробки спостерігається після 3.5 міс. холодильного зберігання, у попередньо оброблених – після 4.4 міс., що підтверджує позитивний вплив застосування попередньої обробки на стабілізацію кольору м'якоті заморожених баклажанів. Результати досліджень підтверджують нестабільність активності ПФО в заморожених баклажанах. Очевидно це зв'язано із накопиченням продуктів окиснення поліфенолів, які, нагромаджуючись, діють на ПФО як інгібітори [10].

Висновки. Під час заморожування та низькотемпературного зберігання баклажанів не відбувається повної інактивації ферментів, що підтверджено результатами визначення активності поліфенолоксидази, аскорбінатоксидази та вмісту вітаміну С.

Запропонований спосіб інактивації АО та ПФО (витримка в розчині кухонної солі) сприяє збереженості кольору та вітамінної цінності заморожених баклажанів без суттєвої зміни їхньої консистенції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Щербакова Т. В. Стабілізація природного кольору продуктів переробки фруктів і овочів: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 : захищена 05.11.2009 : Щербакова Тетяна Віталіївна. — Х., 2009. — 219 с.
2. Орлова Н. Я. Заморожені плодоовочеві продукти: проблеми формування асортименту та якості : монографія / Н. Я. Орлова, С. О. Белінська. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2005. — 336 с.
3. Пилипенко Т. Д. Влияние условий холодильного консервирования на изменение биохимических показателей и состояние воды в плодах и овощах : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.18.13 "Технология консервированных пищевых продуктов" / Т. Д. Пилипенко. — Одесса, 1988. — 16 с.
4. Мукайлов М. Д. Низкотемпературное замораживание – фактор, обеспечивающий сохранность жизненно важных компонентов плодов и ягод / М. Д. Мукайлов, Б. М. Гусейнова // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 7. — С. 40—42.
5. Гудима А. И. Изменение активности окислительно-восстановительных ферментов при низкотемпературном консервировании растительных

- продуктов: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.18.13 "Технология консервированных продуктов" / А. И. Гудима. — Краснодар, 1990. — 27 с.
6. *Бархатов В. Ю.* Изменение активности пероксидазы сладкого перца при замораживании / В. Ю. Бархатов, В. Н. Прудникова, А. Ф. Резников // Известия вузов. Пищевая технология. — 1996. — № 3. — С. 21—24.
 7. *Quality in frozen food* ; edited by Marilyn C. Erickson, Yen-Con Hung. — 1997. — 484 p. — Way of access : http://books.google.com/books?id=eGlqXpSRyt0C&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q=&f=false.
 8. *Handbook of frozen food processing and packing* ; edited by Da-Wen Sun. — 2006. — 737 p. — Way of access : http://books.google.com/books?id=26qqEckX_VYC&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q=&f=false.
 9. *Managing Frozen Foods* ; edited by Christopher J. Kennedy. — [S. l.] : CRC Press, 2000. — 320 p.
 10. *Дибирасулаев М. А.* Рекомендации по замораживанию и хранению пищевых продуктов / М. А. Дибирасулаев, И. В. Соколова // Холодильная техника. — 1991. — № 11. — С. 33—35.
 11. *Шелапутин В. И.* Замораживание и хранение ягод и плодов / В. И. Шелапутин, А. К. Саатчан // Научное сообщение. — М. : Гос. изд-во торговой лит-ры. — 1958. — 43 с.
 12. *Починок Х. Н.* Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. — К. : Наук. думка, 1976. — 334 с.
 13. *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С* : ГОСТ 24556–89. — Введ. 1990—01—01. — М. : Изд-во стандартов, 1989. — 16 с.

Стаття надійшла до редакції 09.11.2015.

Belinska S. Enzymes activity dynamics at aubergine processing.

Background. Managing directions and speed of biochemical processes helps minimize the loss of biologically active substances inherent in plant material, stabilize color, smell and taste during freezing and low temperature storage. To prevent unwanted enzyme changes in the eggplant processing instead of blanching holding them in a salt solution prior to freezing was proposed. The effect of pre-treatment to reduce ascorbic acid ascorbic oxidase and polyphenol oxidase activity and preservation of color and vitamin C-value of frozen products has been studied.

The *aim* of the study is scientific substantiation of method of reducing the activity of eggplant enzymes to obtain frozen products with minimal loss of vitamin value and change of organoleptic properties.

Material and methods. Object of study – eggplant of *Almaz* variety. We determined ascorbic oxidase activity, polyphenol oxidase (in arbitrary units – mmol ascorbic acid oxidized for 1 min) by Pochynok [12], ascorbic acid content by standard [13] in eggplant without treatment (control sample) and soaked in a solution of sodium salt (research sample) prior to freezing and for 9 month low-temperature storage every 3 months.

Results. Duration of eggplant exposure and optimal concentration of salt solution was determined on the basis of experimental results and application of methods of correlation and regression analysis and mathematical modeling, namely 9 min in 3 % salt solution.

In eggplant during freezing and after 9 months low temperature storage losses without the use of ascorbic acid pretreatment are 39 %, with the use of it – 27%.

During freezing ascorbic oxidase activity in eggplant without treatment decreased 2.4 times, in soaked in salt solution – 5.3, and compared to the samples without pre-treatment – 15.2 times.

After holding eggplant in a solution of salt polyphenol oxidase activity is reduced by 36.2 %, and after freezing compared to fresh raw materials by 58.9 %. In control sample eggplant enzyme activity is reduced to 35.6 % compared with fresh fruit.

Conclusion. The proposed method of polyphenoloxidase and ascorbic oxidase inactivation promotes preservation of color and vitamin value of frozen eggplant without substantial change of its consistency.

Keywords: quick-frozen eggplant, ascorbic oxidase, polyphenol oxidase, ascorbic acid.

REFERENCES

1. *Shherbakova T. V.* Stabilizacija pryrodnogo kol'oru produktiv pererobky fruktiv i ovochiv: dys. ... kand. tehn. nauk : 05.18.15 : zahyshhena 05.11.2009 : Shherbakova Tetjana Vitalii'vna. — H., 2009. — 219 s.
2. *Orlova N. Ja.* Zamorozheni plodoovochevi produkty: problemy formuvannja asortymentu ta jakosti : monografija / N. Ja. Orlova, S. O. Belins'ka. — K. : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2005. — 336 s.
3. *Pilipenko T. D.* Vlijanie uslovij holodil'nogo konservirovanija na izmenenie biohimicheskikh pokazatelej i sostojanie vody v plodah i ovoshhah : avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.18.13 "Tehnologija konservirovannyh pishhevych produktov" / T. D. Pilipenko. — Odessa, 1988. — 16 s.
4. *Mukailov M. D.* Nizkotemperaturnoe zamorazhivanie – faktor, obespechivajushhij sohrannost' zhiznenno vaznyh komponentov plodov i jagod / M. D. Mukailov, B. M. Gusejnova // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja. — 2004. — № 7. — S. 40—42.
5. *Gudima A. I.* Izmenenie aktivnosti okislitel'no-vosstanovitel'nyh fermentov pri nizkotemperaturnom konservirovanii rastitel'nyh produktov: avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.18.13 "Tehnologija konservirovannyh produktov" / A. I. Gudima. — Krasnodar, 1990. — 27 s.
6. *Barhatov V. Ju.* Izmenennje aktivnosti peroksidazy sladkogo perca pri zamorazhivanii / V. Ju. Barhatov, V. N. Prudnikova, A. F. Reznikov // Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija. — 1996. — № 3. — S. 21—24.
7. *Quality in frozen food* ; edited by Marilyn C. Erickson, Yen-Con Hung. — 1997. — 484 r. — Way of access : http://books.google.com/books?id=eGlqXpSRyt0C&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q=&f=false.
8. *Nandbook of frozen food processing and packing* ; edited by Da-Wen Sun. — 2006. — 737 r. — Way of access : http://books.google.com/books?id=26qqECkX_VYC&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q=&f=false.
9. *Managing Frozen Foods* ; edited by Christopher J. Kennedy. — [S. l.] : CRC Press, 2000. — 320 p.
10. *Dibirasulaev M. A.* Rekomendacii po zamorazhivaniju i hraneniju pishhevych produktov / M. A. Dibirasulaev, I. V. Sokolova // Holodil'naja tehnika. — 1991. — № 11. — S. 33—35.
11. *Shelaputin V. I.* Zamorazhivanie i hranenie jagod i plodov / V. I. Shelaputin, A. K. Saatchan // Nauchnoe soobshhenie. — M. : Gos. izd-vo torgovoj lit-ry. — 1958. — 43 s.
12. *Pochinok H. N.* Metody biohimicheskogo analiza rastenij / H. N. Pochinok. — K. : Nauk. dumka, 1976. — 334 s.
13. *Produkty pererabotki plodov i ovoshhej. Metody opredelenija vitamina S* : GOST 24556–89. — Vved. 1990—01—01. — M. : Izd-vo standartov, 1989. — 16 s.