

УДК 664.8.037.53

doi:10.20998/2413-4295.2020.02.16

ЗМІНИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФРУКТОВОЇ ТА ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ ПРОТЯГОМ КРІОГЕННОГО ЗБЕРІГАННЯ

М. Є. СЕРДЮК*, О. В. ГРИГОРЕНКО, О. І. СУХАРЕНКО, В. В. КОЛЯДЕНКО

кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, УКРАЇНА

*e-mail: kowtun.marina2013@gmail.com

АНОТАЦІЯ Дослідження присвячені вивченню зміни функціональних властивостей фруктової та ягідної сировини протягом криогенного зберігання. Мета роботи полягала у дослідженні змін основних показників хімічного складу свіжої та замороженої фруктової та ягідної сировини, і обґрунтуванні можливості подальшого сумісного її використання у замороженому напівфабрикаті. У якості предмета дослідження обрані ягоди журавлини та плоди апельсину. Під час експерименту перевіряли якість свіжих ягід і фруктів, далі їх сортували за ступенем стиглості, калібрували, мили, видаляли залишкову вологу після миття. Потім сировину подрібнювали до стану пюре, пакували у пластикові креманки з кришками по 35 ± 2 г. Заморожували у морозильній камері за температури -30 °С. Заморожування вважалось завершеним після досягнення у геометричному центрі дослідного зразка температури -18 °С. Подальше зберігання виконували у морозильній шафі за температури -18 °С протягом 6 місяців. В свіжій та замороженій сировині були визначені вміст цукрів – фериціанідним методом, кислот – титрометричним методом, аскорбінової кислоти – йодометричним методом, фенольних речовин – за реактивом Фоліна-Деніса. Встановлено, що після заморожування та криогенного зберігання втрати аскорбінової кислоти у ягодах журавлини були у 5 разів, а цукрів у 9 разів вищими ніж у плодів апельсину. Натомість, ягоди журавлини характеризувалися у 8 разів меншими втратами фенольних речовин. Визначено, що протягом низькотемпературного зберігання фруктової та ягідної сировини відбувалося наростання її титрованої кислотності: у ягід журавлини – на 25,8 %, у плодів апельсину – на 1,3 %. Низьке значення цукрово-кислотного індексу, який визначає смакові властивості готового продукту, свідчить про неможливість використання пюре з ягід журавлини у чистому вигляді. Отже, поєднання обраних компонентів у замороженій суміші буде обґрунтованим та доцільним, з погляду на різну швидкість руйнування аскорбінової кислоти та цукрів. Істотні втрати цих компонентів ягодами журавлини будуть компенсовані кращою їх збереженістю у плодах апельсину. Поєднання обраних компонентів у замороженій суміші сприятиме покращенню її органолептичних показників та збереженню функціональних властивостей.

Ключові слова: журавлина; апельсин; заморожування; криогенне зберігання; функціональні властивості; вітамін С; фенольні речовини; цукри; кислоти

CHANGES IN FUNCTIONAL PROPERTIES OF FRUIT AND BERRY RAW MATERIALS DURING CRYOGENIC STORAGE

M. SERDYUK, O. HRYHORENKO, O. SUKHARENKO, V. KOLYADENKO

Department of Food Technologies and Hotel and Restaurant Business, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, UKRAINE

ABSTRACT The researchers are devoted to the study of changes in the functional properties of fruit and berry raw materials during cryogenic storage. The purpose of the study was to investigate the changes in the basic parameters of the chemical composition of fresh and frozen fruit and berry raw materials, and to substantiate the possibility of further joint use in the frozen semi-finished product. Cranberry berries and orange fruits were selected as the subject of study. During the experiment, the quality of fresh berries and fruits was checked, then they were sorted according to the degree of ripeness, calibrated, milled, and the residual moisture was removed after washing. Then the raw material was ground to a puree state, packed in plastic flakes with lids of 35 ± 2 g. and frozen in a freezer at -30 °C. The freezing was considered complete after reaching -18 °C at the geometric center of the test specimen. Further storage was performed in a freezer at -18 °C for 6 months. The content of sugars was determined in fresh and frozen raw materials by ferricyanide method, acids – by titrometric method, ascorbic acid – by iodometric method, phenolic substances – according to the Folin-Denis reagent. It was determined that the average content of ascorbic acid in fresh cranberries was 14.3 mg / 100 g, and in oranges was 4.2 times higher. During freezing and subsequent cryogenic storage, the total loss of ascorbic acid in cranberry berries was 56%, in orange fruits - only 11%. Fresh cranberries and orange fruits were found to have high acidity. During low-temperature storage of fruit and berry raw materials, its titrated acidity increased: in cranberry berries - by 25.8%, in orange fruits - by 1.3%. The total sugar content of fresh cranberry berries was 3.9%, in the orange fruit it was 2 times higher. After freezing and six months of storage of cranberries the total loss of sugar was 55%, and in the fruits of orange - only 6%. Instead, cranberry berries were 8 times less likely to lose phenolic substances. The low value of the sugar-acid index, which determines the taste properties of the finished product, indicates the impossibility of using cranberry puree. Therefore, the combination of the selected components in the frozen mixture will be justified and appropriate, given the different rate of destruction of ascorbic acid and sugars. Significant losses of these components by cranberry berries will be offset by their better preservation in the fruits of

orange. The combination of the selected components in the frozen mixture will improve its organoleptic characteristics and preserve its functional properties.

Keywords: *cranberry; orange; freezing; cryogenic storage; functional properties; Vitamin C; phenolic substances; sugars; acids*

Вступ

Фрукти і ягоди є основним джерелом вітамінів, харчових волокон, мінеральних речовин. Саме значний вміст біологічно активних речовин визначає їх високу харчову та біологічну цінність. Ці природні компоненти дуже м'яко впливають на організм людини і не викликають побічної дії. З погляду на це, фруктово-ягідна продукція повинна стати неодмінною складовою нашого щоденного раціону [1,2].

Згладжувати сезонні коливання у споживанні фруктів і ягід дають можливість продукти їх переробки. У зв'язку з цим вельми актуальною з точки зору поліпшення структури харчування населення стає розробка науково обгрунтованих способів і технологій виробництва широкого асортименту харчової продукції з фруктів і ягід, яка має функціональні властивості.

Сучасні консервні підприємства виробляють величезну кількість плодово-ягідної продукції, яка консервована тепловою стерилізацією. Проте, загальновідомим та все ще не вирішеним залишається питання втрати біологічної цінності сировини внаслідок руйнування біологічно-активних речовин під впливом високої температури [3,4].

Використовуючи сушені фрукти та ягоди, потрібно завжди пам'ятати, що під час сушіння вони втрачають майже 90% вітамінів, і в цьому відношенні їх ні як не можна порівнювати зі свіжими [5,6].

Результати досліджень вітчизняних та іноземних фахівців свідчать про те, що одним з найбільш ефективних способів консервування та зберігання рослинної сировини є її кріообработка. Заморожені фрукти та ягоди не містять консервантів, оскільки заморожуються відразу після збирання врожаю, максимально зберігаючи вітаміни [7–11].

В науковій літературі представлено багато інформації щодо таких технологій заморожених функціональних продуктів, як різні плодово - ягідні та плодово - овочеві суміші, вироблені із замороженої або свіжої рослинної сировини, салати швидкозаморожені і плодово - ягідне морозиво, тощо [12–15].

Розвиток і широке впровадження інноваційних технологій заморожування та подальшого низькотемпературного зберігання плодово-ягідної сировини сприятимуть вирішенню проблеми збалансованого харчування населення, зниженню рівня захворювань, покращенню якості життя протягом цілого року. З огляду на функціональні властивості, потенціал використання фруктів та ягід для виробництва заморожених напівфабрикатів залишається невичерпним. Розширення асортименту заморожених продуктів із плодово-ягідної сировини, збереження її

функціональних властивостей та смакових якостей є актуальним науково-технічним завданням.

Слід зазначити, що створення багатокомпонентних функціональних заморожених продуктів із заданим комплексом корисних властивостей є доволі складним процесом, що потребує забезпечення найбільш повної збалансованості сировини за значною кількістю компонентів біохімічного складу. Саме тому правильний вибір плодово-ягідної сировини є найважливішим етапом у вирішенні цієї проблеми.

Мета роботи

Мета роботи полягає у дослідженні змін основних показників хімічного складу свіжої та замороженої фруктової та ягідної сировини, і обгрунтуванні можливості подальшого сумісного її використання у замороженому напівфабрикаті.

Викладення основного матеріалу

Предметом дослідження були обрані ягоди журавлини та плоди апельсину.

Інтерес до журавлини обумовлений тим, що вона містить велику кількість функціональних компонентів та входить до складу корисних для здоров'я людини рослин, позитивно впливає на серцево-судинну систему, сприяє зниженню холестерину в крові, має унікальний ефект у лікуванні та профілактиці урологічних захворювань. Антиоксидантні, особливо поліфенольні компоненти журавлини, за попередніми даними, інгібують ріст ракових і пухлинних клітин [16,17].

Апельсин – надзвичайно корисний плід, який має багатий вітамінно-мінеральний склад. У ньому містяться: бета-каротин, фолієва кислота, вітаміни групи В, А, В1, В2, В5, В6, С, Н і РР, а також необхідні організму мінеральні речовини: калій, кальцій, магній, цинк, залізо, молібден, фосфор і натрій. В апельсині, особливо у білій частині шкірки, містяться пектини, які сприяють посиленню моторики кишківника та зменшення гнильних процесів. Апельсини є прекрасною профілактикою авітамінозу, зміцнюють імунітет, знижують рівень холестерину в крові, благотворно впливають на діяльність серцево-судинної системи. Апельсиновий сік, як і весь плід в цілому, має протизапальну та антимікробну дію і тонізуючий ефект, рекомендований при захворюваннях нервової системи, подагрі і для відновлення після перенесених вірусних захворювань і переломів, так як сприяє регенерації кісткової тканини [18]. У харчовій промисловості широко використовується апельсин задля виготовлення джемів, варення та мармеладу. Популярним також є виробництво апельсинового пюре, як наповнювача

для подальшого його додавання при виготовленні різноманітних йогуртів, кондитерських виробів, тощо [19].

Під час експерименту перевіряли якість свіжих ягід і фруктів, далі їх сортували за ступенем стиглості, калібрували, мили, видаляли залишкову вологу після миття. Потім сировину подрібнювали на блендері до стану пюре, пакували у пластикові креманки з кришками по 35 ± 2 г. Заморожували у морозильній камері за температури -30°C . Заморожування вважалося завершеним після досягнення у геометричному центрі дослідного зразка температури -18°C . Подальше зберігання виконували у морозильній шафі за температури -18°C протягом 6 місяців. В свіжій та замороженій сировині були визначені вміст цукрів, титрованих кислот, аскорбінової кислоти, фенольних речовин. Дослідження проводили за стандартними методиками: визначення вмісту аскорбінової кислоти – йодометричним методом, вмісту фенольних речовин – за реактивом Фоліна-Деніса, вмісту цукрів – фериціанідним методом, кислотність – титриметричним методом [20].

Результати та їх обговорення

Функціональні властивості плодово-ягідної сировини визначаються, у першу чергу, наявністю в них вітамінів і вітаміноподібних речовин.

Вітамін С підвищує стійкість організму до негативних зовнішніх впливів та інфекцій, підтримує міцність кровоносних судин, позитивно впливає на функції нервової та ендокринної систем, регулює обмін холестерину, сприяє засвоєнню заліза. Він повинен надходити до нашого організму щодня, тому що запаси його малі, а витрати на важливі процеси життєдіяльності безперервні. Фізіологічна потреба вітаміну С для дорослих - 90 мг/добу, для дітей – від 30 до 90 мг/добу залежно від віку [21].

Експериментальні дані свідчать, що низькотемпературний шок (-30°C) та подальше криогенне зберігання (-18°C) супроводжувалися деструкцією аскорбінової кислоти (рис. 1).

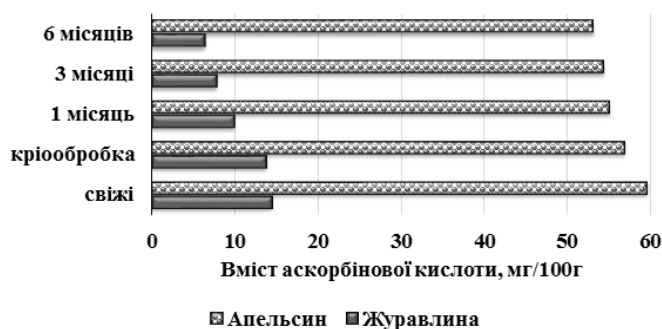


Рис. 1 – Вміст аскорбінової кислоти у свіжих ягодах журавлини та плодах апельсину, після заморожування та протягом криогенного зберігання.

Середній вміст аскорбінової кислоти у свіжих ягодах журавлини був невисоким та становив 14,3 мг / 100 г. Відповідно, початковий вміст аскорбінової кислоти у апельсинах знаходився на рівні 59,642 мг / 100 г, тобто був у 4,2 рази вищим. Вміст аскорбінової кислоти у досліджуваній сировині знизився безпосередньо після заморожування на 5 %, і надалі зменшувався, протягом усього періоду зберігання. Загальний відсоток втрат вітаміну С від початкового рівня в ягодах журавлини становив 56%, натомість у плодах апельсину – всього 11%. Таке зниження аскорбінової кислоти у замороженій рослинній сировині може бути пов'язане зі порушенням ферментативного окисно-відновного процесу. Заморожування різко знижує активність ферментів. Під час дефростації окислювальні ферменти відновлюють активність значно швидше, ніж відновлювальні. Внаслідок чого аскорбінова кислота окислюється такими ферментами, як аскорбатоксидаза та пероксидаза [22]. У свою чергу, доступ кисню, що посилюється внаслідок деструктивних змін у рослинних тканинах, також сприяє зниженню вмісту вітаміну С.

Отже, поєднання обраних компонентів у замороженій суміші буде обґрунтованим та доцільним, з погляду на різну швидкість руйнування аскорбінової кислоти. Істотні втрати вітаміну С ягодами журавлини будуть компенсовані кращою його збереженістю у плодах апельсину.

Вміст фенольних речовин у дослідженій фруктово-ягідній сировині протягом тривалого криоскопічного зберігання також зазнавав кількісних змін (табл. 1).

Таблиця 1 – Зміни вмісту фенольних речовин за етапами дослідження, $\bar{x} \pm s\bar{x}$, n=5

Етапи дослідження	Фенольні речовини, мг/100г	
	журавлина	апельсин
Свіжі	637,21±1,02	584,37±1,53
Кріообробка	611,31±2,11	465,21±1,42
1 місяць	601,23±0,98	401,32±1,37
3 місяці	600,65±1,12	395,12±2,22
6 місяців	612,31±2,05	402,32±0,19

Результатами встановлено, що динаміка змін вмісту фенольних речовин за низькотемпературного заморожування та подальшого зберігання ягід журавлини та плодів апельсину була різною. Максимальні втрати фенольних речовин встановлені під час холодильної обробки плодів апельсину: безпосередньо після заморожування кількість фенольних речовин знизилась на 20,4%, протягом подальшого зберігання за температури -18°C – ще на 15%, і тільки наприкінці зберігання зафіксоване їх незначне (на 1,8 %) зростання. Загальні втрати фенольних речовин при заморожуванні та зберіганні плодів апельсину становили 31,15 %.

При заморожуванні та криогенному зберіганні ягід журавлини зафіксована дещо інша тенденція. Після заморожування та першого місяця зберігання були зафіксовані незначні (на рівні 5,7 %) втрати фенольних речовин. Процес подальшого низькотемпературного зберігання характеризувався стабілізацією вмісту фенолів, і в останні місяці – їх незначним (на 2 %) зростанням. Таке зростання фенольних речовин, можливо, пов'язано з гідролізом олігомерних форм, а також з накопиченням фенольних речовин за рахунок ферментативних процесів.

Титрована кислотність характеризує загальний вміст органічних кислот та їх кислих солей і виступає важливим показником харчової та біологічної цінності фруктово-ягідної сировини. Крім того, вміст органічних кислот також тісно прямо корелює зі збереженням біологічно активної форми аскорбінової кислоти у сировині.

Свіжі ягоди журавлини та плоди апельсину характеризувалися підвищеною кислотністю (рис. 2). Отримані дані свідчать, що протягом низькотемпературного зберігання фруктової та ягідної сировини відбувалося наростання її титрованої кислотності.

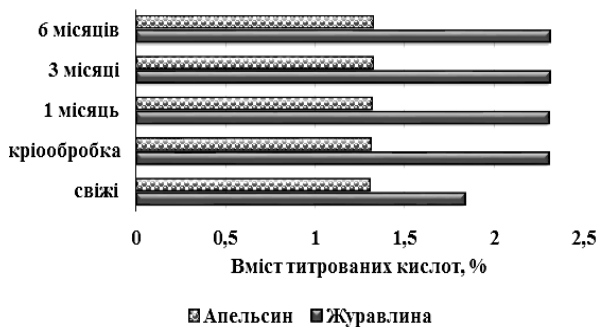


Рис. 2 – Динаміка титрованих кислот при заморожуванні та криогенному зберіганні плодово-ягідної сировини.

Середній вміст титрованих кислот у свіжих ягодах журавлини становив 1,84 %, а у плодах апельсину 1,302 %. Після заморожування спостерігалось зростання титрованої кислотності журавлини на 25,5 %, а апельсину – всього на 1 %. Протягом подальшого зберігання також зафіксоване повільне наростання титрованої кислотності. Загалом, титрована кислотність ягід журавлини після заморожування та 6 місяців зберігання зросла на 25,8 %, а плодів апельсину – всього на 1,3 %. Таке зростання може бути пов'язано з тим, що під час дефростації плодово-ягідної сировини окисно-відновні процеси зсуваються у бік окисних реакцій та суттєво впливають на її якість. Інтенсивність впливу визначається ступеню активності оксидоредуктаз, серед яких особливе місце займають поліфенолоксидаза, аскорбатоксидаза та пероксидаза.

Цукри, разом з титрованими кислотами, обумовлюють смакові якості рослинних продуктів. Загальна цукристість свіжих ягід журавлини була не високою, та знаходилась на рівні майже 3,9 % (рис. 3).

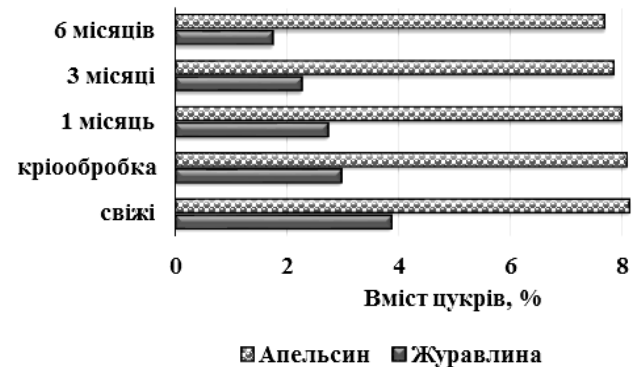


Рис. 3 – Динаміка цукрів при заморожуванні та криогенному зберіганні плодово-ягідної сировини.

Що стосовно плодів апельсину, то вони мали більшу цукристість – на рівні 8,16 %. Після заморожування вміст цукрів знижувався як у ягодах журавлини, так і у плодах апельсину. У першому випадку зниження становило 23 %, а в другому – всього 0,5 %. Протягом низькотемпературного зберігання зафіксоване подальше зниження вмісту цукрів.

Загальні втрати цукрів після заморожування та шести місяців зберігання ягід журавлини становили 55 %, а плодів апельсину – всього 6 %.

Смакові якості фруктової та ягідної продукції визначаються відношенням вмісту цукрів до титрованих кислот, так званим цукрово-кислотним індексом (ЦКІ).

Під час заморожування та подальшого зберігання, внаслідок зниження вмісту цукрів та наростання кислотності об'єктивний показник смаку зменшувався і смак сировини ставав більш кислим. Значення даного показника у ягодах журавлини та плодах апельсину наведені на рисунку 4.

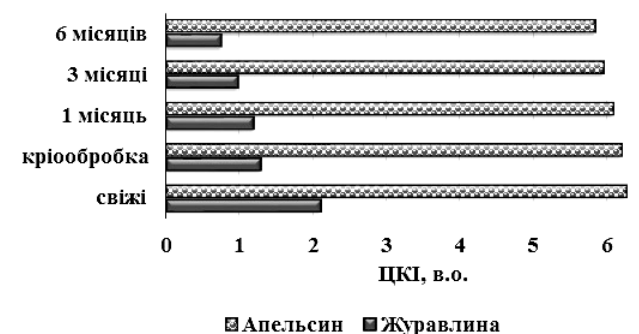


Рис. 4 – Динаміка ЦКІ при заморожуванні та криогенному зберіганні плодово-ягідної сировини.

Наведені результати констатують, що максимальне зниження ЦКІ спостерігається у ягід

журавлини. Подібне зниження даного показника свідчить про суттєве погіршення смаку ягід під час заморожування та тривалого криогенного зберігання.

Таким чином, біохімічні особливості плодово-ягідної сировини суттєво позначаються на якості готового продукту.

Висновки

Встановлено, що після заморожування та криогенного зберігання втрати аскорбінової кислоти у ягодах журавлини були у 5 разів, а цукрів у 9 разів вищими ніж у плодів апельсину.

Визначено, що ягоди журавлини характеризувалися у 8 разів меншими втратами фенольних речовин.

Низьке значення цукрово-кислотного індексу, який визначає смакові властивості готового продукту, свідчить про неможливість використання пюре з ягід журавлини у чистому вигляді.

Поєднання обраних компонентів у замороженій суміші сприятиме покращенню її органолептичних показників та збереженню функціональних властивостей.

Список літератури

- Шемета О. О., Дожук К. М. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя: *Ліки України*, 2015. № 1(186). С. 24–27.
- Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*. 2010. V. 4(8). 118. doi: 10.4103/0973-7847.70902.
- Ma T. J., Lan W. S. Effects of non-thermal plasma sterilization on volatile components of tomato juice. *International journal of environmental science and technology*. 2015. V. 12(12). P. 3767–3772. doi: 10.1007/s13762-015-0796-z.
- Khandpur P., Gogate P. R. Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices. *Ultrasonics sonochemistry*. 2016. № 29. P. 337-353. doi: 10.1016/j.ulsonch.2015.10.008.
- Ndawula J., Kabasa J. D., Byaruhanga Y. B. Alterations in fruit and vegetable β -carotene and vitamin C content caused by open-sun drying, visqueen-covered and polyethylene-covered solar-dryers. *African health sciences*. 2004. № 4(2). P. 125–130.
- Smith J. C., Biasi W. V., Holstege D., Mitcham E. J. Effect of Passive Drying on Ascorbic Acid, α -Tocopherol, and β -Carotene in Tomato and Mango. *Journal of food science*. 2018. № 83 (5). P. 1412–1421. doi: 10.1111/1750-3841.14118.
- Белінська С., Орлова Н., Китаєв О. Особливості кристалоутворення під час заморожування суниць. *Товари і ринки*. 2008. № 2. С. 74–80.
- Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. Особливості заморожування ягід з ніжною текстурою. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2015. Т. 21. № 4. С. 198–205.
- Шегельман И. Р., Васильев А. С., Смирнова Л. О. Перспективные технологии охлаждения и замораживания пищевых продуктов. *Новое слово в науке: стратегии развития*. 2018. С. 112–114.
- Xin Y., Zhang M., Xu B., Adhikari B., Sun J. Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review. *International Journal of Refrigeration*. 2015. № 57. P. 11–25. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2015.04.015.
- Bilbao-Sainz C., Sinrod A., Powell-Palm M., Dao L. T., Takeoka G. R., Williams T. G., Wood D. F., Ukpai G., Aruda J., Bridges D. F., Wu V. C., Rubinsky B., McHugh T. H. Preservation of sweet cherry by isochoric (constant volume) freezing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018. № 52. P. 108–115. doi: 10.1016/j.ifset.2018.10.016.
- Kopjar M., Tiban N. N., Pilizota V., Babic J. Stability of anthocyanins, phenols and free radical scavenging activity through sugar addition during frozen storage of blackberries. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2009. № 33. P. 1–11. doi: 10.1111/j.1745-4549.2008.00244.x.
- Dziedzinska R., Makovcova J., Kaevska M., Slany M., Babak V., Moravkova M. Nontuberculous mycobacteria on ready-to-eat, raw and frozen fruits and vegetables. *Journal of food protection*. 2016. № 79(8). P. 1452–1456. doi: 10.4315/0362-28X.JFP-16-030.
- Little C. L., Gillespie I. A. Prepared salads and public health. *Journal of Applied Microbiology*. 2008. № 105(6). P. 1729–1743. doi: 10.1111/j.1365-2672.2008.03801.x.
- Lima G. B., Lucas M. R., Rosa C. A., Gomes F. C. Analysis of the microbial quality of commercialized tropical fruit ice cream in Belo Horizonte, Brazil. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2016. № 22(2). P. 79-86.
- Michalska A., Wojdylo A., Honke J., Ciska E., Andlauer W. Drying-induced physico-chemical changes in cranberry products. *Food chemistry*. 2018. № 240. P. 448–455. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.07.050.
- Grace M. H., Massey A. R., Mbeunkui F., Yousef G. G., Lila M. A. Comparison of health-relevant flavonoids in commonly consumed cranberry products. *Journal of food science*. 2012. № 77(8). P. 176–183. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02788.x.
- Paul D. K., Shaha R. K. Nutrients, vitamins and minerals content in common citrus fruits in the northern region of Bangladesh. *Pak J Biol Sci*. 2004. № 7(2). P. 238–242. doi:10.3923/pjbs.2004.238.24.
- Tumpanuvatr T., Jittanit W. The temperature prediction of some botanical beverages, concentrated juices and purees of orange and pineapple during ohmic heating. *Journal of food engineering*. 2012. № 113(2). P. 226–233. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.05.044.
- Сердюк М. Є. та ін. *Дослідницький практикум. Ч. 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції: підручник*. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 370 с.
- Oguntibeju O. O. The biochemical, physiological and therapeutic roles of ascorbic acid. *African Journal of Biotechnology*. 2008. № 7(25).
- Gonçalves E. M., Abreu M., Brandao T. R., Silva C. L. Degradation kinetics of colour, vitamin C and drip loss in frozen broccoli (*Brassica oleracea* L. ssp. *Italica*) during storage at isothermal and non-isothermal conditions. *International Journal of Refrigeration*. 2011. № 34(8). P. 2136–2144. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2011.06.006.

References (transliterated)

1. Shemeta O. O., Dozhuk K. M. Funktsionalne kharchuvannia – novyi pidkhid do zdorovoho sposobu zhyttia [Functional nutrition - a new approach to a healthy lifestyle] *Liky Ukrainy [Medicines of Ukraine]*, 2015, no. 1(186), p. 24–27.
2. Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 2010, V. 4(8), 118, doi:10.4103/0973-7847.70902.
3. Ma T. J., Lan W. S. Effects of non-thermal plasma sterilization on volatile components of tomato juice. *International journal of environmental science and technology*, 2015, V. 12(12), p. 3767–3772, doi: 10.1007/s13762-015-0796-z.
4. Khandpur P., Gogate P. R. Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices. *Ultrasonics sonochemistry*, 2016, no. 29, p. 337–353, doi: 10.1016/j.ultsonch.2015.10.008.
5. Ndawula J., Kabasa J. D., Byaruhanga Y. B. Alterations in fruit and vegetable β -carotene and vitamin C content caused by open-sun drying, visqueen-covered and polyethylene-covered solar-dryers. *African health sciences*, 2004, no. 4(2), p. 125–130.
6. Smith J. C., Biasi W. V., Holstege D., Mitcham E. J. Effect of Passive Drying on Ascorbic Acid, α - Tocopherol, and β - Carotene in Tomato and Mango. *Journal of food science*, 2018, no. 83(5), p. 1412–1421, doi:10.1111/1750-3841.14118
7. Belinska S., Orlova N., Kytaiev O. Osoblyvosti krystaloutvorennia pid chas zamorozhuvannia sunyts [Features of crystal formation during freezing of strawberries]. *Tovary i rynky [Goods and markets]*, 2008, no. 2, p. 74–80.
8. Simakhina H. O., Khalapsina S. V. Osoblyvosti zamorozhuvannia yahid z nizhnoiui teksturoiu [Features of freezing berries with a delicate texture.]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii [Scientific works of the National University of Food Technologies]*, 2015, V. 21, no. 4, p. 198–205.
9. Shegelman I. R., Vasilyev A. S., Smirnova L. O. Perspektivnyye tekhnologii okhlazhdeniya i zamorazhivaniya pishchevykh produktov [Promising technologies for cooling and freezing food products]. *Novoye slovo v nauke: strategii razvitiya [A new word in science: development strategies]*, 2018, p. 112–114.
10. Xin Y., Zhang M., Xu B., Adhikari B., Sun J. Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review. *International Journal of Refrigeration*, 2015, no. 57, p. 11–25, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2015.04.015.
11. Bilbao-Sainz C., Sinrod A., Powell-Palm M., Dao L. T., Takeoka G. R., Williams T. G., Wood D. F., Ukrai G., Aruda J., Bridges D. F., Wu V. C., Rubinsky B., McHugh T. H. Preservation of sweet cherry by isochoric (constant volume) freezing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2018, no. 52, p. 108–115, doi: 10.1016/j.ifset.2018.10.016.
12. Kopjar M., Tiban N. N., Pilizota V., Babic J. Stability of anthocyanins, phenols and free radical scavenging activity through sugar addition during frozen storage of blackberries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2009, no. 33, p. 1–11, doi: 10.1111/j.1745-4549.2008.00244.x.
13. Dziedzinska R., Makovcova J., Kaevska M., Slany M., Babak V., Moravkova M. Nontuberculous mycobacteria on ready-to-eat, raw and frozen fruits and vegetables. *Journal of food protection*, 2016, no. 79(8), p. 1452–1456, doi: 10.4315/0362-28X.JFP-16-030.
14. Little C. L., Gillespie I. A. Prepared salads and public health. *Journal of Applied Microbiology*, 2008, no. 105(6), p. 1729–1743, doi: 10.1111/j.1365-2672.2008.03801.x.
15. Lima G. B., Lucas M. R., Rosa C. A., Gomes F. C. Analysis of the microbial quality of commercialized tropical fruit ice cream in Belo Horizonte, Brazil. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 2016, no. 22(2), p. 79–86.
16. Michalska A., Wojdyło A., Honke J., Ciska E., Andlauer W. Drying-induced physico-chemical changes in cranberry products. *Food chemistry*, 2018, no 240, p. 448–455, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.07.050.
17. Grace M. H., Massey A. R., Mbeunkui F., Yousef G. G., Lila M. A. Comparison of health-relevant flavonoids in commonly consumed cranberry products. *Journal of food science*, 2012, no. 77(8), p. 176–183, doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02788.x.
18. Paul D. K., Shaha R. K. Nutrients, vitamins and minerals content in common citrus fruits in the northern region of Bangladesh. *Pak J Biol Sci*, 2004, no. 7(2), p. 238–242, doi: 10.3923/pjbs.2004.238.242.
19. Tumpunvatr T., Jittanit W. The temperature prediction of some botanical beverages, concentrated juices and purees of orange and pineapple during ohmic heating. *Journal of food engineering*, 2012, no. 113(2), p. 226–233, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.05.044.
20. Serdyuk M. Ye. and others. *Doslidnytskyi praktykum. Ch. 1. Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yahidnoi produktii: pidruchnyk [Research workshop. Part 1. Methods of research of fruit and vegetable and berry products: textbook]*, Melitopol: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Liuks», 2020. 370 p.
21. Oguntibeju O. O. The biochemical, physiological and therapeutic roles of ascorbic acid. *African Journal of Biotechnology*, 2008, no. 7(25).
22. Gonçálves E. M., Abreu M., Brandao T. R., Silva C. L. Degradation kinetics of colour, vitamin C and drip loss in frozen broccoli (*Brassica oleracea* L. ssp. *Italica*) during storage at isothermal and non-isothermal conditions. *International Journal of Refrigeration*, 2011, no. 34(8), p. 2136–2144, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2011.06.006.

Сведения об авторах (About authors)

Сердюк Марина Єгорівна – доктор технічних наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, професор кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи, м. Мелітополь, Україна; ORCID: 0000-0002-6504-4093; e-mail: kowtun.marina@gmail.com

Marina Serdyuk – Doctor of Technical Sciences (Grand Ph.D.), Associate Professor, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Professor of Department of Food Technologies and Hotel and Restaurant Business, Melitopol, Ukraine, ORCID: 0000-0002-6504-4093; e-mail: kowtun.marina2013@gmail.com.

Григоренко Олена Віталіївна – кандидат технічних наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, доцент кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи, м. Мелітополь, Україна; ORCID:0000-0002-2082-5822; e-mail: grigalena@ukr.net

Olena Hryhorenko – Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Associate Professor of Department of Food Technologies and Hotel and Restaurant Business, Melitopol, Ukraine; ORCID: 0000-0002-2082-5822; e-mail: grigalena@ukr.net.

Сухаренко Олена Іванівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, доцент кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи, м. Мелітополь, Україна; ORCID: 0000-0002-7875-1766; e-mail: Suharenkoelena14@mail.com

Olena Sukharenko – Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Associate Professor of Department of Food Technologies and Hotel and Restaurant Business, Melitopol, Ukraine; ORCID: 0000-0002-7875-1766; e-mail: Suharenkoelena14@mail.com

Коляденко Вікторія Вікторівна – Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, старший викладач кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи, м. Мелітополь, Україна; ORCID: 0000-0002-0949-1374; e-mail: vik-sol@ukr.net

Viktoriya Kolyadenko – Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Senior Lecturer of Department of Food Technologies and Hotel and Restaurant Business, Melitopol, Ukraine; ORCID:0000-0002-0949-1374; e-mail: vik-sol@ukr.net.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Сердюк М. Є., Григоренко О. В., Сухаренко О. І., Коляденко В. В. Зміни функціональних властивостей фруктової та ягідної сировини протягом криогенного зберігання. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 2 (4). С. 6–3. doi:10.20998/2413-4295.2020.02.16.

Please cite this article as:

Serdyuk M., Hryhorenko O., Sukharenko O., Kolyadenko V. Changes in functional properties of fruit and berry raw materials during cryogenic storage. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 2 (4), pp. 6–3, doi:10.20998/2413-4295.2020.02.16.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Сердюк М. Е., Григоренко Е. В., Сухаренко Е. И., Коляденко В. В. Изменения функциональных свойств фруктового и ягодного сырья в течение криогенного хранения. *Вестник Национального технического университета «ХПИ». Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 2 (4). С. 6–3. doi:10.20998/2413-4295.2020.02.16.

АННОТАЦІЯ *Исследования посвящены изучению изменения функциональных свойств фруктового и ягодного сырья во время криогенного хранения. Цель работы заключалась в исследовании изменений основных показателей химического состава свежего и замороженного фруктового и ягодного сырья и обосновании возможности дальнейшего совместного его использования в замороженном полуфабрикате. В качестве предмета исследования выбраны ягоды клюквы и плоды апельсина. Во время эксперимента проверяли качество свежих ягод и фруктов, дальше их сортировали по степени зрелости, калибровали, мыли, удаляли остаточную влагу после мойки. Затем сырье измельчали до состояния пюре, паковали в пластиковые креманки с крышками по 35 ± 2 г. замораживали в морозильной камере при температуре -30 °С. Замораживание считалось законченным после достижения в геометрическом центре опытного образца температуры -18 °С. Дальнейшее хранение выполняли в морозильном шкафу при температуре -18 °С в течение 6 месяцев. В свежем и замороженном сырье были определены содержание сахаров - феррицианидным методом, кислот - титрометрическим методом, аскорбиновой кислоты - йодометрическим методом, фенольных веществ - по реактивом Фолина-Дениса. Установлено, что после замораживания и криогенного хранения потери аскорбиновой кислоты в ягодах клюквы были в 5 раз, а сахаров в 9 раз выше, чем у плодов апельсина. В тоже время, ягоды клюквы характеризовались в 8 раз меньшими потерями фенольных веществ. Определено, что в течение низкотемпературного хранения фруктового и ягодного сырья происходило нарастание его титруемой кислотности: у ягод клюквы - на 25,8%, у плодов апельсина - на 1,3%. Низкое значение сахарно-кислотного индекса, который определяет вкусовые свойства готового продукта, свидетельствует о невозможности использования пюре из ягод клюквы в чистом виде. Таким образом, сочетание выбранных компонентов в замороженной смеси будет обоснованным и целесообразным, с точки зрения разной скорости разрушения аскорбиновой кислоты и сахаров. Существенные потери этих компонентов ягодами клюквы будут компенсированы лучшей их сохранностью в плодах апельсина. Сочетание выбранных компонентов в замороженной смеси будет способствовать улучшению ее органолептических показателей и сохранению функциональных свойств.*

Ключевые слова: *клюква; апельсин; замораживание; криогенное хранение; функциональные свойства; витамин С; фенольные вещества; сахара; кислоты*

Надійшла (received) 25.04.2020