

## THE RESEARCH OF CHANGES IN VEGETABLE RAW MATERIALS DURING THE FERMENTATION PROCESS

S. Matko, L. Melnyk, N. Tkachuk, L. Zotkina

National University of Food Technologies

**Key words:**

*Fermentation*  
*Vegetable raw materials*  
*Lactic acid fermentation*  
*Lactic acid*

**Article history:**

Received 19.12.2019  
Received in revised form  
10.01.2020  
Accepted 27.01.2020

**Corresponding author:**

S. Matko  
**E-mail:**  
plqaz@ukr.net

**ABSTRACT**

The fermentation process of table beet, carrot, pumpkin, bitter pepper was investigated. The organoleptic parameters of the fermented product at the fermentation temperature of  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , of the process to the moment of accumulation of 0.7—0.8% acidity (on lactic acid) and the subsequent vegetables keeping at a temperature of  $1\text{—}3^\circ\text{C}$  to accumulation of 1.2—1.4% lactic acid were determined.

The appearance of 0.2% lactic acid (LA) during the table beet fermentation was observed on the third day only, there is accumulation of 0.4% and 0.6% of LA on the 4th and 5th day, respectively, and of 1.2% on the 7th day. A similar tendency is characteristic for carrot fermentation, however, the appearance of LA was noted on the 2<sup>nd</sup> day, and we reached 0.3% on the 3<sup>rd</sup> day. The fermentation of the pumpkin was somewhat faster, on the 6th day the accumulation of 1.2% of lactic acid was reached.

The fermentation of pepper was the longest, the content of 1.2% of LA was reached only on 8th day, probably due to the volatile raw materials that could inhibit the activity of lactic acid bacteria. It is shown that the maximum lactic acid accumulation during table beet, carrot, pumpkin, hot pepper fermentation occurred in 6—8 days.

The experimental variants acquired the necessary taste properties after 7—8 days, then their organoleptic and physicochemical parameters were determined: soluble solids, vitamin C and  $\beta$ -carotene content. The organoleptic characteristics of the studied vegetables in the fermentation process do not deteriorate: the fermented products retain elastic properties, crispy consistency, except for the pumpkin and pepper, which is explained by the structure of the raw material, and pleasant typical taste and aroma. Some turbidity of the pouring was observed, probably due to the accumulation of the products of lactic acid bacteria activity. The content of ascorbic acid in the studied vegetables before and after fermentation is practically unchanged, which indicates the high biological value of the fermented products.

It has been determined that lactic acid fermentation is an energy-saving, cost-effective, environmentally friendly type of canning. Lactic acid gives a specific sweet taste to the products, protects them from damage, and lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus*, after consuming these products, increase the amount of beneficial microflora in the human intestine.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН В ОВОЧЕВІЙ СИРОВИНІ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТУВАННЯ

С. В. Матко, Л. М. Мельник, Н. А. Ткачук, Л. В. Зоткіна

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено процес ферментування буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гіркокого стручкового. Визначено органолептичні показники ферментованого продукту при температурі ферментації  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , перебігу процесу до моменту накопичення кислотності розсолу на рівні 0,7—0,8% (у перерахунку на молочну кислоту) та подальшому витримуванні готових овочів за температури  $1-3^\circ\text{C}$  до накопичення молочної кислоти на рівні 1,2—1,4%.

Появу 0,2% молочної кислоти (МК) при ферментуванні буряка столового зафіксовано лише на 3-й день, на 4-й та 5-й день відбувається накопичення відразу 0,4% та 0,6% МК відповідно, а на 7-й день — 1,2%. Схожа тенденція властива ферментуванню моркви, проте появу МК відмічено вже на 2-й день, а на 3-й день її кількість досягає 0,3%. Ферментування гарбуза проходить дещо швидше, на 6-й день було досягнуто 1,2% МК.

Найдовше зброджувався перець гострий, вміст МК 1,2% досягнуто лише на 8-й день, імовірно, за рахунок фітонцидів сировини, що могли пригнічувати діяльність молочно-кислих бактерій. Показано, що максимальне накопичення молочної кислоти при квашенні буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гострого відбувається за 6—8 днів.

Дослідні зразки набули необхідних смакових властивостей через 7—8 діб, що було встановлено у результаті визначення їхніх органолептичних і фізико-хімічних показників: вміст розчинних сухих речовин, вітаміну С і  $\beta$ -каротину. Органолептичні показники досліджуваних овочів у процесі ферментування не погіршуються: квашена продукція зберігає пружну, хрустку консистенцію та приємні типові смак і аромат, за винятком гарбуза та перцю, що пояснюється структурою вихідної сировини. Відзначено незначне помутніння заливи, ймовірно за рахунок накопичення продуктів життєдіяльності молочнокислих бактерій. Вміст аскорбінової кислоти в досліджуваних овочах до і після ферментації практично не змінюється, що свідчить про високу біологічну цінність ферментованих продуктів.

Встановлено, що молочнокисле бродіння є енергоощадним, економічно вигідним, екологічно безпечним різновидом консервування. Молочна кислота надає продукції специфічного приємного присмаку, захищає її від псування, а молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus*, після її споживання, збільшують кількість корисної мікрофлори у кишківнику людини.

**Ключові слова:** ферментування, овочева сировина, молочно-кисле бродіння, молочна кислота.

**Постановка проблеми.** Квашення, соління і мочіння — це різновид одного й того ж способу мікробіологічного консервування, зокрема ферментування. Квашення, в основному, відноситься до капусти, солять огірки та

помідори, а мочать — яблука. Квашені овочі відрізняються більшим вмістом молочної кислоти (до 1,8%) і меншою кількістю солі (до 2%). Мочіння ґрунтується на мікробіологічних процесах, які сприяють накопиченню у продукті натуральних консервантів — молочної кислоти і спирту. Метод мочіння називається так тому, що плоди та ягоди нерідко заливають чистою водою з розрахунку на утворення природного консерванту на основі цукру сировини [1; 2].

При мочінні плодів та ягід мікробіологічні процеси відбуваються у результаті діяльності природної мікрофлори, хоча більш прогресивним є застосування чистої культури молочнокислих бактерій. На поверхні сировини завжди є велика кількість різних мікроорганізмів, тому при мочінні можуть розвиватися різні процеси — молочнокисле, спиртове, оцтовокисле, маслянокисле, гнильне бродіння, а також і пліснявіння. Бажаним є молочнокисле і спиртове бродіння. Решта мікробіологічних процесів тільки погіршує якість продукції [2—5].

Квашення — вид перероблення овочів, простий і ефективний спосіб збільшити термін зберігання певних продуктів завдяки молочнокислому бродінню, під час якого утворюється молочна кислота — консервант овочевої продукції.

Для регулювання якісних показників готового продукту, зменшення кількості відходів доцільно дослідити процеси, які проходять у рослинній сировині при молочнокислому бродінні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальні факти про ферментування подано у підручниках з технічної мікробіології й технології перероблення плодовоовочевої сировини. Розвиток мікробіологічних процесів і перевага одного над іншим залежать від того, наскільки обнасінена сировина різними видами мікроорганізмів; від температури бродіння і зберігання продукції, концентрації солі, кислот і цукрів, доступу повітря.

Молочнокисле бродіння викликають молочнокислі бактерії різних видів, всі вони розвиваються без доступу кисню повітря, тобто є анаеробними. Отже, ізолюючи продукцію від доступу повітря, можна уникнути небажаних процесів, які розвиваються за наявності кисню (оцтовокисле бродіння, гниття, пліснявіння) [2—5].

Молочнокисле бродіння виникає в результаті перетворення цукрів. Завдяки бродінню глюкози чи фруктози і під впливом внесеної солі відбуваються зміни хімічного складу овочів і їхніх фізичних властивостей. Замість збродженого цукру в овочах з'являються молочна кислота, спирт та інші продукти. Зменшується вміст азотистих речовин, частина яких витрачається на розвиток мікрофлори. Колоїди овочів під впливом кислот набухають, що викликає зміну структури плодової м'якоті та її консистенції. Крім молочної кислоти, можливе утворення незначної кількості піровиноградної, лимонної кислот та інших речовин, які не погіршують якість продукції та створюють своєрідний приємний смак й аромат.

Можливе накопичення летких кислот — оцтової, мурашиної, пропіонової, які погіршують якість моченої продукції, і їхня кількість суворо обмежується стандартом [1—3].

Більшість мікроорганізмів добре розвивається у середовищі, близькому до нейтрального ( $\text{pH}=7$ ). Для молочнокислих бактерій кращою реакцією середовища є слабокисла ( $\text{pH}=4,9\text{—}6,0$ ). Проте є межа значення  $\text{pH}$ , нижче якої ці мікроорганізми не розвиваються. Такою межею є  $\text{pH}$ : для бактерій гнильних —  $4,4\text{—}5,0$ , маслянокислих —  $4,5$ , молочнокислих —  $3,0\text{—}4,4$ , винних дріжджів —  $2,5\text{—}3,0$ , плісень —  $1,2\text{—}3,0$ . Для пригнічення розмноження гнильних і маслянокислих бактерій необхідно створити умови для швидкого збільшення кислотності середовища за рахунок інтенсивного розвитку молочнокислого бродіння.

Небажаних процесів при молочнокислом бродінні можна уникнути старанним миттям сировини і підтриманням температури не вище  $22^{\circ}\text{C}$ ; від пліснявіння й оцтовокислого бродіння — ізоляцією продуктів від доступу повітря; від гнильного бродіння — утворенням кислого середовища. Дотримання цих вимог сприяє розвитку тільки молочнокислого і спиртового бродіння та одержанню продукції високої якості [1—5].

Молочнокисле бродіння є енергоощадним, економічно-вигідним, екологічно безпечним способом консервування. Молочна кислота надає продукції специфічного приємного присмаку, захищає її від псування, а молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus* збільшують кількість корисної мікрофлори у кишківнику людини.

Ферментація відбувається в три етапи. На першому етапі розмножуються всі мікроорганізми, які є на поверхні плодоовочевої сировини, але через три доби переважають молочнокислі бактерії, при цьому утворюється  $0,3\text{...}0,4\%$  молочної кислоти. У цей час відбувається інтенсивне виділення соку з клітини, маса овочів зменшується, а кількість розсолу збільшується. На другому етапі ферментування молочнокислі бактерії посилюють утворення молочної кислоти. Розсіл потрапляє в тканину плодів, витісняє повітря, в результаті чого тканина плода стає щільною. Третій етап відбувається за зниженої температури та характеризується зміною органолептичних і фізико-хімічних показників якості продукту. У подальшому бродіння практично зупиняється.

Л. П. Холодний та А. Т. Безусов [6; 7] встановили можливість використання водних екстрактів із відходів і нестандартної сировини консервного виробництва для одержання за допомогою молочнокислих бактерій *Lactobacillus plantarum* штаму АН 11/16 лактоферментованих заливок. Досліджено процес ферментації перестиглих томатів і томатів біологічної стадії стиглості, розроблено технологію одержання соку із ферментованих томатів.

**Метою статті** є дослідження змін в овочевій сировині в процесі ферментування.

**Матеріали і методи.** Для досліджень процесу ферментування обрано буряк згідно з ДСТУ 7033:2009 [9], моркву — згідно з ДСТУ 7035:2009 [10], гарбуз — згідно з ДСТУ 3190-95 [11] та перець гіркий стручковий — згідно з ДСТУ 7981:2015 [12].

Для дослідження фізико-хімічних показників визначали:

- вміст сухих речовин у сировині — згідно з ДСТУ ISO 751-2004 [13];

- масову частку розчинних сухих речовин — рефрактометричним методом згідно з ДСТУ ISO 2173:2007 [14];
- активну кислотність (pH) — згідно з ДСТУ 1132:2005 [15];
- масову частку титрованих кислот — методом об'ємного титрування згідно з ДСТУ EN 12147-2003[16];
- масову частку золи — згідно з ДСТУ ISO 5520:2007 [17];
- вміст аскорбінової кислоти — йодометричним методом згідно з ДСТУ ISO 6557-2:2014 [18];
- вміст каротину — згідно з ДСТУ ISO 6558-2:2004 [19];
- органолептичну оцінку — згідно з ДСТУ 8449:2015 [20].

Перець гострий мили проточною водою до повного видалення всіх забруднень з одночасним інспектуванням для вилучення некондиційної сировини. Моркву, буряки і гарбуз сортували за якістю, мили, очищали від шкірочки; овочі нарізали на коренерізках соломкою (3—5 мм). Підготовлені інгредієнти заливали 3-відсотковим сольовим розчином в ємностях для ферментації, закривали поліетиленовою плівкою та ставили зверху гніт. Температуру ферментації витримували на рівні  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  до моменту накопичення кислотності розсолу до 0,7—0,8% (у перерахунку на молочну кислоту) та визначали органолептичні показники ферментованого продукту. Готові овочі зберігали за температури 1—3°C до накопичення молочної кислоти на рівні 1,2—1,4%. Більш низька температура значно затримує утворення молочнокислих бактерій, а при вищій температурі розвиваються маслянокислі бактерії, які викликають гіркоту і псування продукції.

**Викладення основних результатів дослідження.** Попередньо підготовлену сировину піддавали органолептичним і фізико-хімічним дослідженням, результати яких подано у табл. 1, 2.

Кінетику утворення молочної кислоти (далі МК) в овочевій сировині за 8 днів подано на рис. 1—4.

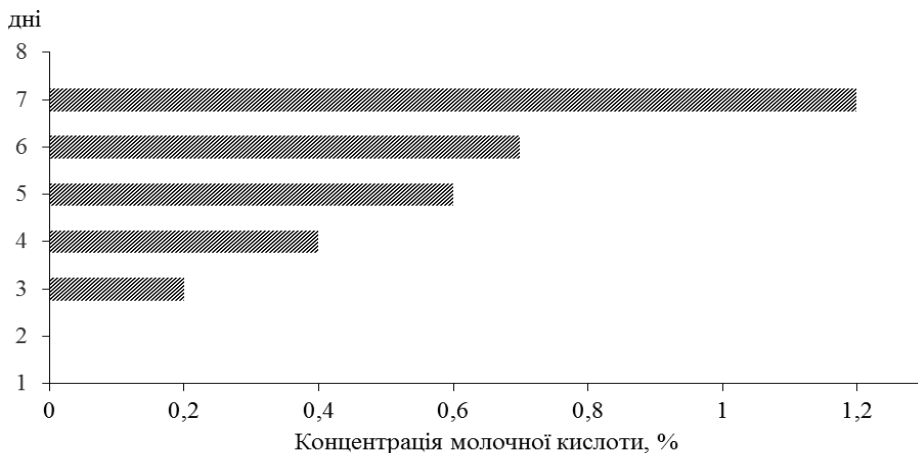
Так, для буряка столового (рис.1) поява молочної кислоти у кількості 0,2% спостерігається лише на 3-й день, на 4-й та 5-й день відбувається накопичення відразу 0,4% та 0,6% МК відповідно, а на 7-й день — 1,2%.

*Таблиця 1. Органолептична оцінка сировини*

Найменування зразка	Показники			
	Зовнішній вигляд	Колір	Смак	Запах
Буряк столовий	Гладенький з горбинками	Темно-червоний, бордовий	Солодкий, властивий буряку	Без сторонніх запахів
Морква	Гладенька, довжиною близько 15—16 см	Оранжевий	Солодкий, терпкий	Властивий моркві
Гарбуз	Шорстка, з невеликими плямами	Яскраво-оранжевий	Солодко-гіркуватий	Властивий гарбузу
Перець гострий	Цілі, свіжі, чисті стручки	Червоний, різних відтінків	Гіркий, пекучий	Виражений, з пряним відтінком

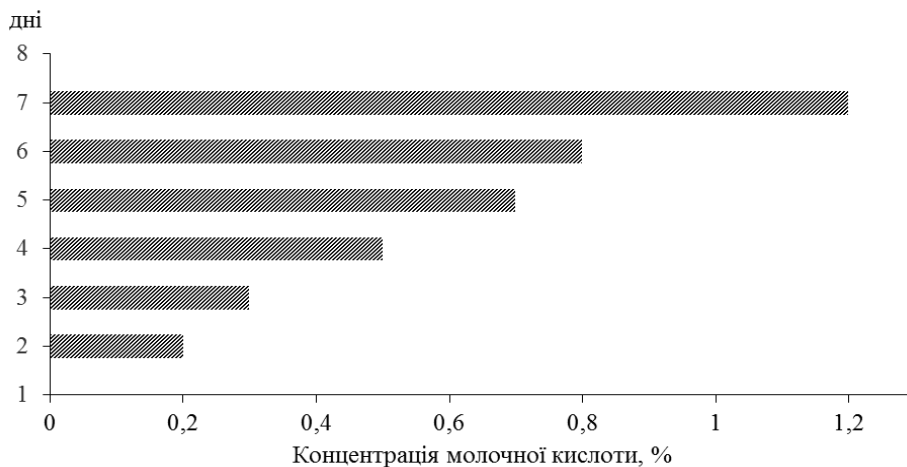
*Таблиця 2. Хімічний склад вихідної сировини*

Найменування зразка	Вміст сухих речовин, %	Зола мг%	Білок, мг%	Жири, мг%	Вуглеводи, мг%	Аскорб. кислота, мг	β-каротин, мг
Буряк столовий	14,2	0,9	0,5	0,1	11,7	10	0,01
Морква	12,1	1	1,2	0,1	9,1	5	9
Гарбуз	10,3	0,5	0,9	-	5,9	8	1,4
Перець гострий	12,0	0,9	1,9	0,44	7,3	143	53



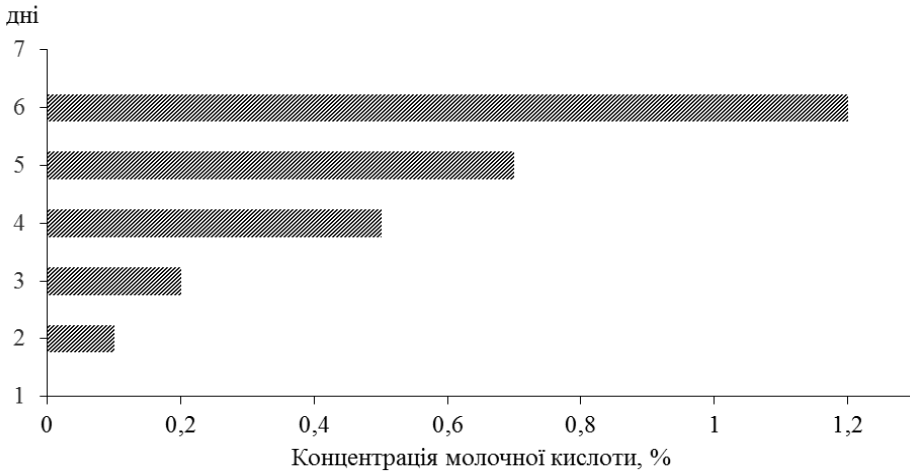
**Рис. 1. Динаміка накопичення молочної кислоти в буряку**

Схожу тенденцію (рис. 2) спостерігали при ферментуванні моркви, проте появу МК відмічено вже на 2-й день, а на 3-й день її кількість досягає 0,3%.



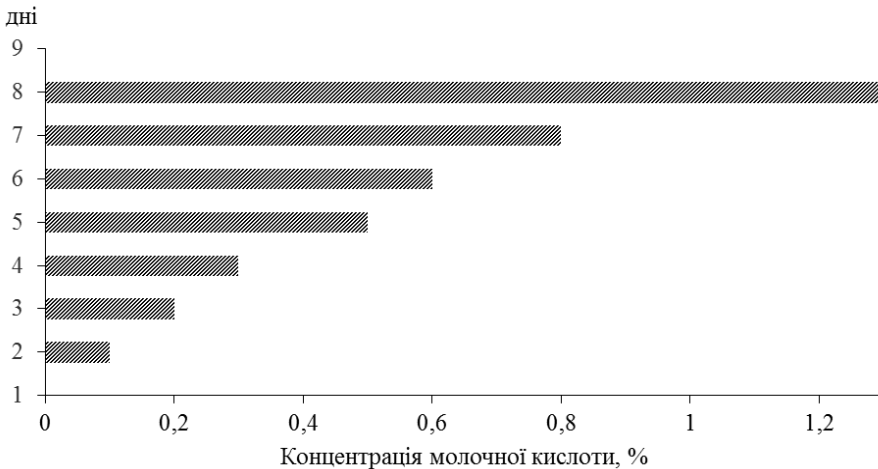
**Рис. 2. Динаміка накопичення молочної кислоти в моркві**

Ферментування гарбуза (рис. 3) проходить дещо швидше, на 6-й день було досягнуто 1,2% МК.



**Рис. 3. Динаміка накопичення молочної кислоти в гарбузі**

Найдовше зброджувався перець гострий (рис. 4), вміст МК 1,2% досягнуто лише на 8-й день, імовірно, за рахунок фітонцидів сировини, що могли пригнічувати діяльність молочно-кислих бактерій.



**Рис. 4. Динаміка накопичення молочної кислоти в перці гострому**

Після закінчення основної активної фази процесу ферментації, за органолептичними показниками (смаком), солені овочі ще не є придатними для споживання. Тому їх закладали на зберігання при температурі 1—3°C для продовження ферментативних процесів і набуття характерних смакових властивостей (дозрівання). Впродовж зберігання за смаковими властивостями визначали готовність продукції до споживання.

Дослідні варіанти набули необхідних смакових властивостей через 7—8 діб і тоді було визначено їхні органолептичні та фізико-хімічні показники, у тому числі, вміст вітаміну С і  $\beta$ -каротину, які є антиоксидантами і захищають клітини організму людини від шкідливої дії вільних радикалів, сповільнюють процеси старіння.

Аналізуючи отримані результати (табл. 3), слід зазначити, що квашена продукція переважно зберігає пружну, хрустку консистенцію, за винятком гарбуза та перцю, що пояснюється структурою вихідної сировини, та приємні типові смак і аромат. Мутність заливи пояснюється накопиченням продуктів життєдіяльності молочнокислих бактерій.

*Таблиця 3. Органолептична оцінка ферментованої сировини*

Зразок	Показники		
	Якість заливи	Консистенція	Смак і аромат
Буряк столовий	Мутна, фіолетового кольору, без осаду	Овочі хрусткі, просочені заливою	Кисло-солоний смак, приємний запах
Морква	Мутна, світло-жовтого кольору	Овочі цілі, хрусткі, соковиті, м'якоть щільна	Солонувато-солодкий смак, приємний запах
Гарбуз	Мутна із білим осадом	М'якоть овочів дуже м'яка, має кашоподібну консистенцію	Солонувато-кислий на смак, типовий запах
Перець гострий	Мутна, без осаду, з приємним ароматом	Овочі м'які, просочені заливою	Гостро-солоний смак з кислинкою, приємний кислуватий запах

Зниження вмісту розчинних сухих речовин (табл. 4), порівняно з початковим, пояснюється проходженням процесу бродіння.

Крім того, слід відмітити, що процес ферментації супроводжується виділенням молочної кислоти, яка є природним консервантом. За допомогою ферментативного методу консервування спостерігається збереження аскорбінової кислоти та бета-каротину майже на рівні вихідної сировини (табл. 2, 4).

*Таблиця 4. Фізико-хімічні показники ферментованих овочів*

Найменування зразку	Показники			
	Масова частка титрованих кислот (у перерахунку на молочну кислоту), %	Вміст		
		сухих речовин, %	аскорбінової кислоти, мг/100г	$\beta$ -каротину, мг/100г
Буряк столовий	1,3	13,1	8,9	0,01
Морква	1,2	10,9	4,1	8,0
Гарбуз	1,2	8,2	6,9	1,2
Перець гострий	1,3	10,8	135	50

## **Висновки**

1. Максимальне накопичення молочної кислоти при квашенні буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гострого відбувається протягом 6—8 днів.

2. Органолептичні показники досліджуваних овочів у процесі ферментування не погіршуються.



3. Вміст аскорбінової кислоти та  $\beta$ -каротину в досліджуваних овочах до і після ферментації практично не змінюється, що свідчить про високу біологічну цінність ферментованих продуктів.

### **Література**

1. Загальні технології харчових виробництв: підручник / А. І. Українець, М. М. Калакура, Л. Ф. Романенко та ін.; за заг. ред. М. М. Калакура, Л. Ф. Романенко; Відкритий міжнар. ун-т розвитку людини «Україна». Київ, 2010. 814 с.
2. Технології консервування плодів та овочів: підручник / за заг. ред. А. Ю. Токар. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2015. 598 с.
3. Технічна мікробіологія / Л. В. Капрельянц, Л. М. Пилипенко, А. В. Єгорова, О. М. Канихіна, С. М. Кобелева; за заг. ред. Л. В. Капрельянц. Одеса, Друк, 2006. 308 с.
4. Пищевая специальная микробиология: учебное пособие для студентов направлений подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» / А. А. Перетрутов, М. Н. Чубенко, С. В. Просвирин. Нижний Новгород, 2018. 196 с.
5. Коваленко В. О., Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Коваль А. А., Ілюха М. Г., Александров О. В. Технічна мікробіологія: підручник для студ. вищих навч. закладів. Харків, 2013. 432 с.
6. Холодний Л. П., Безусов А. Т. Комплексная технология переработки фруктово-овощного сырья. *Наукові праці ХДАТОХ*. Харків, 2000. С. 160—164.
7. Васюта В. М., Рибак Г. М., Рибіцька Г. С., Холодний Л. П., Сухолотюк І. С., Бурбак А. М., Олійник Л. Б., Табакіна Т. П., Марченко К. В. Розробка технології нових видів овочевих консервів. *Мат. наук. конф. за результатами досліджень професорсько-викладацького складу, аспірантів та студентів ПКІ за 1996—1998 рр. в 2 книгах*. Полтава: ПКІ. 1999. Книга 2. С. 51—55.
8. Спосіб виробництва натуральних овочевих маринадів/ Л. П. Холодний, А. Т. Безусов, Г. П. Хомич: пат. 6103 А. Україна, МПК 7 A23L1/212. №20021210776; Заявлено 29.12.2002; Опубл. 15.10.03, Бюл. № 10. 4 с.
9. ДСТУ 7033:2009. Буряк столовий свіжий. Технічні умови. Київ, 2009. 14с.
10. ДСТУ 7035:2009. Морква свіжа. Технічні умови. Київ, 2009. 15 с.
11. ДСТУ 3190-95. Гарбузи продовольчі свіжі. Технічні умови. Київ, 1995. 31 с.
12. ДСТУ 7981:2015 Перець стручковий гострий свіжий. Технічні умови. Київ, 2015. 13 с.
13. ДСТУ ISO 751:2004 Фрукти, овочі та продукти перероблення. Метод визначення сухих речовин, не розчинних у воді (контрольний метод) ДСТУ ISO 751:2004. Київ, 2005. 8 с.
14. ДСТУ ISO 2173:2007. Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT). Київ, 2005. 8 с.
15. ДСТУ ISO 1132:2005. Соки фруктові та овочеві. Визначення рН. (EN 1132:1994 IDT). Київ, 2005. 10 с.
16. ДСТУ EN 12147:2003. Соки фруктові та овочеві. Визначення титрованої кислотності. Київ, 2004. 10 с.
17. ДСТУ ISO 5520:2007 Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення лужності загальної та водорозчинної золи (ISO 5520:1981, IDT) Київ, 2008. 8 с.
18. ДСТУ ISO 6557-2:2014. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Визначання вмісту аскорбінової кислоти. Частина 2. Практичні методи. Київ, 2005. 10 с.
19. ДСТУ ISO 6558-2:2004. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Визначання вмісту каротину. Частина 2. Стандартні методи. Київ, 2005. 10 с.
20. ДСТУ 8449:2015. Продукти харчові консервовані. Методи визначення органолептичних показників, маси нетто чи об'єму та масової частки складових частин. Київ, 2015. 13 с.