

УДК 620.197.3

**В.М. Челябієва**, канд. техн. наук

**О.М. Савченко**, канд. техн. наук

**О.І. Сиза**, д-р техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

### ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВМІСТ ВІТАМІНУ С У ФРУКТОВИХ СОКАХ

**В.Н. Челябиева**, канд. техн. наук

**О.Н. Савченко**, канд. техн. наук

**О.И. Сизая**, д-р техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

### ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНА С ВО ФРУКТОВЫХ СОКАХ

**Viktoriia Cheliabiieva**, PhD in Technical Sciences

**Olesia Savchenko**, PhD in Technical Sciences

**Olha Syza**, Doctor of Technical Sciences

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

### INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE CONTENT OF VITAMIN C IN FRUIT JUICES

*Досліджено вплив технологічних умов виробництва фруктових соків на вміст вітаміну С. Показано залежність кількості аскорбінової кислоти від ферментативної активності специфічної аскорбатоксидази, кисню повітря й інших продуктів окиснення, які утворюються в результаті діяльності різних оксидаз. Запропоновано режим оброблення для збереження вітаміну С у фруктових соках.*

**Ключові слова:** вітамін С, технологічні умови, фруктові соки.

*Исследовано влияние технологических условий производства фруктовых соков на содержание в них витамина С. Показана зависимость количества аскорбиновой кислоты от ферментативной активности специфической аскорбатоксидазы, кислорода воздуха и других продуктов окисления, которые образуются в результате деятельности разных оксидаз. Предложен режим обработки для сохранения витамина С во фруктовых соках.*

**Ключевые слова:** витамин С, технологические условия, фруктовые соки.

*Investigated the dynamics of the content of vitamin C in fruits juice depending on the technological conditions of production. Showed that the content of ascorbic acid depends on the activity of specific ascorbatoxidases, quinones and other oxidation products, which are produced by a variety of oxidases. Offered the methods of preservation of vitamin C in fruit juices.*

**Key words:** vitamin C, technological conditions, fruit juices.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вітамін С, або аскорбінова кислота – найпоширеніший вітамін. Він виявляє антиоксидантні властивості, бере участь у регулюванні обміну вуглеводів та згортанні крові, сприяє регенерації тканин, підвищує стійкість організму до інфекцій, знижує потребу людини у деяких інших вітамінах.

На відміну від багатьох тварин, організм людини не здатен синтезувати вітамін С, тому людина повинна постійно отримувати його з їжею. Добова потреба дорослої людини у вітаміні С становить 100 мг, а для дитини – 20–60 мг. Дефіцит вітаміну С призводить до послаблення імунної системи, уповільнення регенерації тканин, кровоточивості ясен, випадіння зубів, варикозного розширення вен, надлишкової ваги, підвищеної втоми, роздратування, депресій, безсоння, випадіння волосся, погіршення зору [1–4].

Основним джерелом вітаміну С є рослини. Повсякденна потреба у цьому вітаміні задовольняється за рахунок вживання капусти, картоплі, зеленої цибулі, томатів; багато аскорбінової кислоти міститься у зеленому солодкому перці, червоному перці, смородині, ківі, хроні, суниці, щавлі, цитрусах тощо. Природним концентратом вітаміну С є шипшина – у 100 г сушених плодів шипшини міститься до 1500 мг аскорбінової кислоти.

**Постановка проблеми.** Вміст вітамінів є одним із важливих показників біологічної повноцінності продуктів харчування. Однак на вміст вітаміну С, наприклад, у овочах та фруктах, значно впливають тривалість і спосіб їх зберігання та технологічна обробка.

Відомо, що при виготовленні фруктових соків частина вітаміну С втрачається. У літературних джерелах обмежена інформація щодо впливу технологічних особливостей приготування соків на динаміку вмісту в них вітаміну С. Тому удосконалення технологічних умов виготовлення фруктових соків з метою збереження їх вітамінної цінності є актуальним завданням.

**Мета роботи.** Дослідження вмісту вітаміну С залежно від умов приготування фруктових соків (яблучного, смородинового, лимонного) та встановлення основних особливостей для запобігання його руйнування.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Вміст вітаміну С досліджували йодометричним методом через пряме титрування соку яблук (сортів «Айдаред», «Гала»), яблучного соку домашнього консервування (час заготовки серпень-вересень) та торгової марки «Наш сік», смородини свіжозамороженої, лимона. Для визначення відбирали пробу соку об'ємом 10 см<sup>3</sup>, розбавляли дистильованою водою у мірній колбі до 100 см<sup>3</sup>. Отриманий розчин переносили у конічну колбу, добавляли 1–2 см<sup>3</sup> 1%-го розчину крохмалю і титрували робочим розчином до утворення синього забарвлення, яке не зникає протягом 10 с. Робочий розчин – 0,005 н I<sub>2</sub>. Дослідження проводили у березні, тобто після тривалого зберігання фруктів. Результати представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльні дані вмісту вітаміну С у досліджуваних соках

Вміст вітаміну С у соках, мг/100 см <sup>3</sup>					
Яблук сорту «Айдаред»	Яблук сорту «Гала»	Сік яблучний домашнього консервування	Яблучний сік торгової марки «Наш сік»	Смородини свіжозамороженої	Лимона
7,7	19,8	15,4	5,3	189,2	50,2

За результатами, представленими в табл. 1, можна зробити висновок, що вміст вітаміну С у смородині перевищує у 3,5 раза його вміст у лимоні, а вміст вітаміну С у яблуках залежить від їх сорту й у 2,5–6,5 разів менший, ніж у лимоні. Виявлено, що вміст вітаміну С у консервованих соках домашнього приготування майже у 3 рази перевищує його вміст у промислового соку торгової марки «Наш сік». Це може бути пояснено використанням різних сортів яблук для виготовлення та особливостями технологічного процесу.

Дослідили вплив на вміст вітаміну С температурної обробки та часу зберігання на відкритому повітрі свіжовіджатого соку з яблук (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив температурної обробки та часу зберігання на відкритому повітрі на вміст вітаміну С в яблучному соку (рН соку 4,1)

Режим обробки	Послідовність та параметри обробки		Вміст вітаміну С, мг/100 см <sup>3</sup>
1	1	Свіжовіджатиий сік з яблук сорту «Гала» (t = 20°C)	19,8
	2	Кип'ятіння соку протягом 10 хв	18,5
	3	Зберігання на відкритому повітрі, протягом 20 хв при t = 20°C	17,6
	4	Зберігання на відкритому повітрі, протягом 30 хв при t = 20°C	15,4
	5	Кип'ятіння соку після зберігання 30 хв на відкритому повітрі	18,5
2	1	Зберігання на відкритому повітрі, протягом 24 год при t = 20°C	6,2
	2	Кип'ятіння соку після зберігання на відкритому повітрі	9,7
3	1	Нагрівання свіжовіджатого соку на водяній бані 25 хв при t=80°C без додавання цукру	19,8
4	1	Нагрівання свіжовіджатого соку на водяній бані 25 хв при t=80°C з додаванням цукру	19,8
5	1	Нагрівання на водяній бані 25 хв при t=80°C свіжовіджатого соку, який простояв на повітрі 30 хв	16,8
	2	Кип'ятіння соку після нагрівання	19,8

Виявлено, що кип'ятіння соку після зберігання на повітрі дозволяє частково відновити вміст вітаміну С. Так, при зберіганні на відкритому повітрі соку яблук протягом 20–30 хв при  $t = 20^{\circ}\text{C}$  втрачається 11–22 % вітаміну С (табл. 2, режим обробки 1), тоді як наступне кип'ятіння цього соку призводить до відновлення вмісту вітаміну С до 93,4 % від первинної кількості (тобто зростає на 15 %). Якщо свіжовіджятий яблучний сік зберігався більше доби (режим 2), то вміст вітаміну С значно зменшується і становить лише 31,3 %. Після кип'ятіння такого соку вміст вітаміну відновлюється на 17 % і становить 48,3 % від вмісту у свіжовіджатому соку.

Встановлено також, що при зниженні температури обробки до  $80^{\circ}\text{C}$  (режими 3, 4) вміст вітаміну С зберігається у повному обсязі, тоді як за умов кип'ятіння соку відразу після його отримання вміст вітаміну знижується на 6,6 % (табл. 2, режим 1, пункт 2). Перевірка за режимом 5 показала, що попереднє нагрівання на водяній бані при  $80^{\circ}\text{C}$  з подальшим кип'ятінням дозволяє повністю відновити вміст вітаміну С.

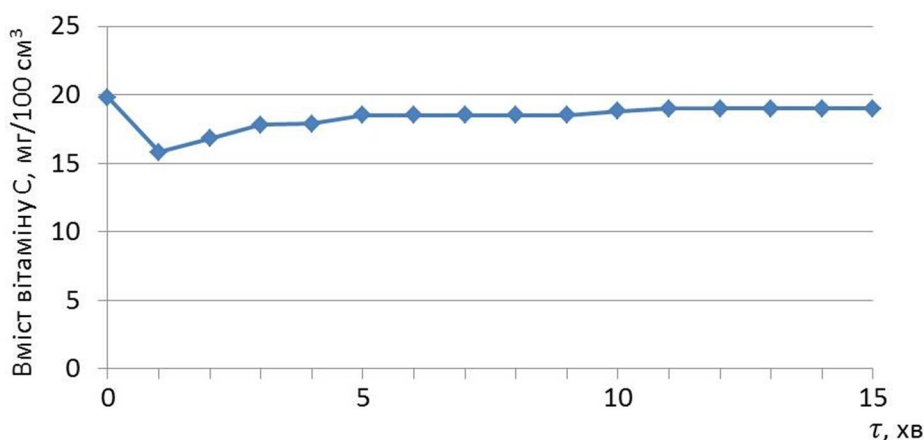


Рис. 1. Залежність вмісту вітаміну С в яблучному соку від часу кип'ятіння

Наступним етапом роботи було дослідження впливу часу стерилізації яблучного соку на вміст вітаміну С (рис. 1). З'ясовано, що найменший вміст вітаміну С спостерігається через 1 хв кип'ятіння соку –  $15,5 \text{ мг/100 см}^3$ ; після 10 хв – зростає до  $18,5 \text{ мг/100 см}^3$ ; за 15 хв –  $19,2 \text{ мг/100 см}^3$ , а далі, незалежно від тривалості кип'ятіння, вміст вітаміну не змінюється.

Для порівняння було досліджено вплив тривалості кип'ятіння на стійкість чистого препарату вітаміну С у дистильованій воді (рис. 2). Відзначається руйнування вітаміну С на 12 % (при рН 4,3).

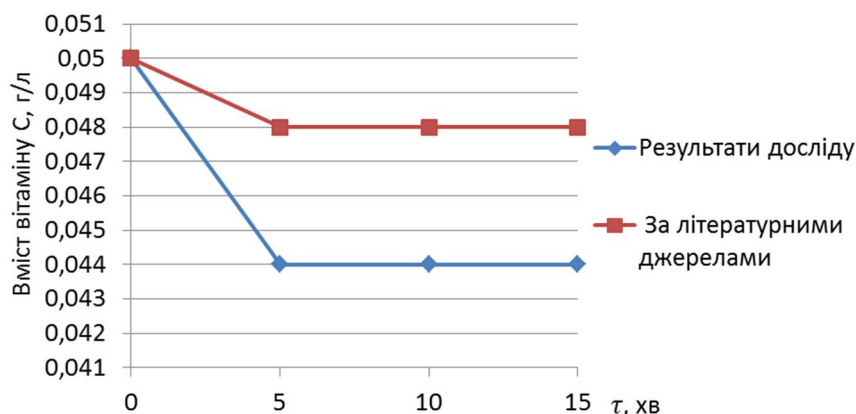
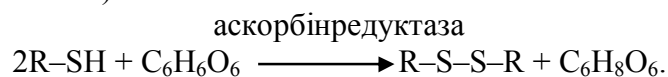


Рис. 2. Вплив тривалості кип'ятіння на стійкість чистого препарату вітаміну С (рН 4,3)

Тобто чистий препарат вітаміну С руйнується при кип'ятінні дещо більше, ніж вітамін С яблучного соку. Таке явище пояснюється найбільшою особливістю вітаміну С – здатніс-

тю до відновлення його окисненої форми ферментом аскорбінредуктазою, що міститься у фруктах. Цей фермент прискорює окиснення аскорбінової кислоти, перетворюючи її в дегідроформу. В аскорбатоксидазі роль активної групи виконує Купрум (вміст його у ферменті 0,24 %), що змінює свою валентність у ході каталізу. Під впливом ферменту L-аскорбінова кислота легко окиснюється киснем повітря у L-дегідроаскорбінову кислоту.

L-аскорбінова кислота та її дегідроформа утворюють окисно-відновну систему, яка може як віддавати, так і приймати Гідроген. Дегідроформа виконує роль акцептора Гідрогену і легко відновлюється в аскорбінову кислоту ферментом аскорбінредуктазою, яка підводить до неї Гідроген, віднімаючи його від різних субстратів. Необхідною умовою активності аскорбінредуктази є присутність глутатіону, який є трипептидом, що складається із залишків глютамінової кислоти, цистеїну й амінооцтової кислоти. Глутатіон зустрічається в усіх рослинних і тваринних клітинах. Роль глутатіону, у процесі переходу дегідроаскорбінової кислоти в аскорбінову під дією аскорбінредуктази, зводиться до передачі йонів Гідрогену дегідроформі, переводячи її в аскорбінову кислоту. Сам глутатіон переходить в окиснену форму, при цьому окиснюється його сульфгідрильна група (SH), утворюючи окиснені молекули глутатіону, зв'язані між собою дисульфідним зв'язком (—S—S—):



Швидкість поновлення вітаміну С залежить від активності аскорбінредуктази, кількості глутатіону та виду продукту. Здатність аскорбінредуктази до поновлення значно вища від окиснювальної активності аскорбатоксидази. Висока активність сприяє більш інтенсивному протіканню процесу відновлення вітаміну С, ніж її окиснювання аскорбіназою.

Інші стабілізатори, що поновлюють окиснену форму вітамінів, такі як цистеїн, тіогліколева, тіомолочна кислоти, відновлюють вітамін С енергійніше й у ширшому діапазоні рН, ніж аскорбінредуктаза.

Механізм дії білків, амінокислот, пептонів, глутатіону обумовлений хімічною будовою молекул цих речовин. Вони мають вільні амідні й карбоксильні групи, які здатні хімічно зв'язувати Купрум – окисний ферментативний агент. Під час кип'ятіння стабілізуючий ефект білків посилюється, тому що відбуваються згорання й осадження комплексу «білок – Купрум», і тим самим знижується окисна активність ферменту.

Серед умов, що впливають на швидкість окислення аскорбінової кислоти, дуже важливу роль відіграє водневий показник середовища. Найвищу активність аскорбатоксидаза має при рН 6,0. Тому вітамін С більш стійкий у кислому середовищі, малостійкий у нейтральному і надзвичайно швидко розпадається в лужному (рис. 3).

З рис. 3 видно, що зі зростанням рН яблучного соку вміст вітаміну С знижується, тому що підвищується активність аскорбатоксидази. У лужному середовищі під впливом гідроксильних йонів вітамін С руйнується згідно зі схемою.

У різних рослинних продуктах активність аскорбатоксидази неоднакова. Вона дуже висока в огірках, кабачках і низька в картоплі, капусті. Так, за 2 год при 18 °С аскорбатоксидаза огірків переводить в окиснену форму в 60 разів більше аскорбінової кислоти, ніж аскорбатоксидаза картоплі. У деяких овочах (бруква, солодкий перець, ріпчаста цибуля) і фруктах та ягодах (цитрусові, шипшина, смородина) аскорбатоксидази немає [2].

Лимонний сік не містить аскорбатоксидазу, тому вітамін С не руйнується при зберіганні соку лимона на відкритому повітрі впродовж 30 хвилин, нагріванні на водяній бані та кип'ятінні (табл. 3).

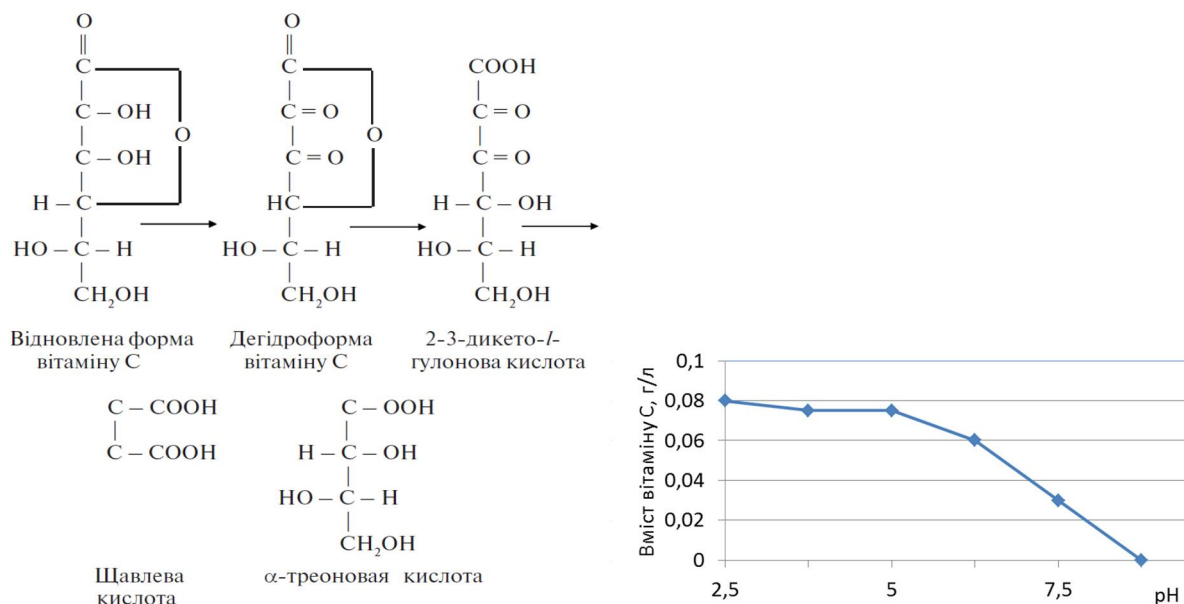


Рис. 3. Вплив рН на стійкість вітаміну С яблучного соку яблук сорту «Айдаред»

Таблиця 3

Вплив температурної обробки на вміст вітаміну С у соку лимона

Умови обробки	Вміст вітаміну С, мг/100 см <sup>3</sup>
Досліджувався сік лимону з вмістом вітаміну С 50,2 мг/100 см <sup>3</sup>	
Зберігання на відкритому повітрі, протягом 30 хв при t=20 <sup>0</sup> С	50,2
Нагрівання на водяній бані 15 хв при t=80 <sup>0</sup> С без додавання цукру	50,2
Нагрівання на водяній бані 15 хв при t=80 <sup>0</sup> С з додаванням цукру	50,2
Кип'ятіння протягом 10 хв свіжовіджатого соку	50,2

Тривале зберігання призводить до окиснення вітаміну С киснем повітря – через 24 години і його вміст становить 48 мг/см<sup>3</sup>, тобто зменшується на 4 % (рис. 4).

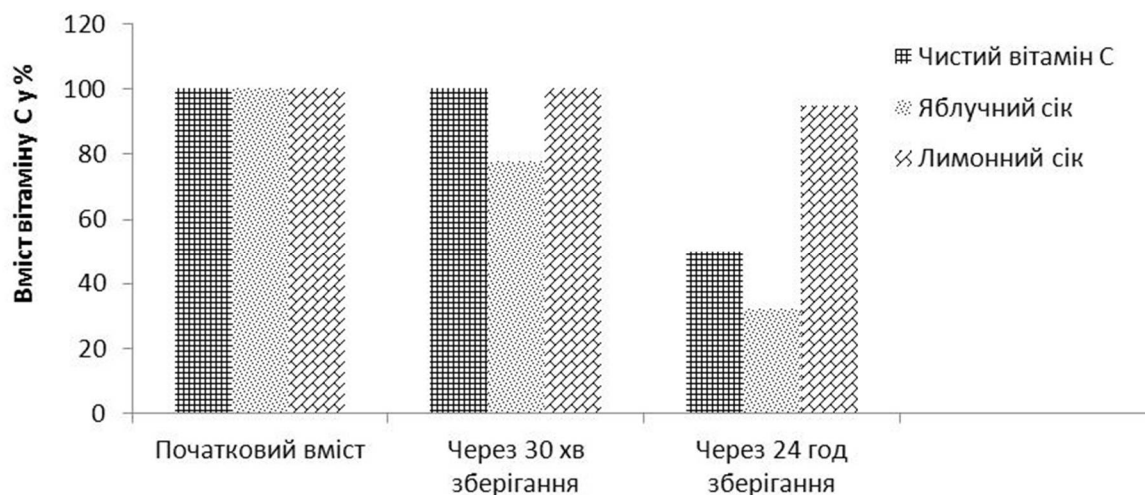


Рис. 4. Залежність вмісту вітаміну С від терміну зберігання соків

Для порівняння в табл. 4 наведений вміст вітаміну С у соках різних популярних торговельних марок.

Таблиця 4

*Вміст вітаміну С у цитрусових соках згідно з літературними джерелами*

Назва соку	Вміст вітаміну С, мг/100 см <sup>3</sup>
Свіжовіджятий сік лимона	50,0
Свіжовіджятий сік апельсина	50,0
Сік апельсиновий «Премія»	49,5 – Виробник ООО «Нідан+», м. Берегово, Закарпатська обл. Сік відновлений з натурального концентрованого апельсинового соку, стерилізований
Сік апельсиновий «Смак»	40,5 – Виробник ДП «Напої», м. Ніжин, Чернігівська обл. Сік відновлений з концентрованого соку
Сік апельсиновий «Сандора»	46,5 – Виробник ООО «Сандора», с. Миколаївське, Миколаївська обл. Сік відновлений, неосвітлений
Сік апельсиновий «Мрія»	47,0 – Виробник ООО «МСТ Регіон», м. Київ. Сік відновлений з концентрованого соку

**Висновки:**

– для отримання вітаміну С організмом людини із соків-фреш, які містять аскорбатоксидазу, є доцільним вживати їх одразу після приготування, не залишаючи на відкритому повітрі;

– у разі консервування соків із фруктів, які містять аскорбатоксидазу, сік необхідно пастеризувати або кип'ятити одразу, оскільки інактивується цей фермент; при цьому оптимальним технологічним режимом виготовлення фруктових соків є попереднє нагрівання при 80 °С з подальшим кип'ятінням;

– для зберігання вітаміну С під час приготування сирі овочі варто занурювати у киплячу рідину, оскільки в такому середовищі відсутній кисень і швидко інактивуються фермент, який окиснює вітамін;

– доцільно споживати окремо овочі та фрукти, які містять аскорбатоксидазу (яблука, огірки), та ті, що її не містять (лимон, смородина, апельсин, зелена цибуля);

– з метою збереження вітаміну С у продуктах харчування не допускається додавання харчової соди або смакових добавок, які підвищують рН середовища, тому що вітамін у лужному середовищі швидко руйнується.

**Список використаних джерел**

1. Тюкавкина Н. А. Биорганическая химия : учебник для вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. – М. : Дрофа, 2004. – 544 с.
2. Смирнов В. А. Витамины и коферменты : учеб. пособие / В. А. Смирнов, Ю. Н. Климочкин. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 91 с.
3. Боечко Ф. Ф. Біологічна хімія / Ф. Ф. Боечко. – К. : Вища школа, 1995. – 536 с.
4. Біохімія : підручник / М. Є. Кучеренко та ін. – К. : Либідь, 1995. – 464 с.