УДК 664.1-663

Г.О. Сімахіна, д-р техн.наук

ДИНАМІКА БІОТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ПОВЕДІНКА ПРИ ЗАМОРОЖУВАННІ БІОКОМПЛЕКСУ ЯГІД МАЛИНИ

Обґрунтовано доцільність використання ягід малини при створенні свіжозаморожених напівфабрикатів підвищеної біологічної цінності. Проведено порівняльну характеристику кількісних та якісних змін основних груп біологічно активних речовин ягід малини під впливом низьких температур, визначено здатність до холодових адаптацій і протистояння кріоушкодженням різних сортів малини. Вивчено динаміку біотрансформації поліфенольних сполук в процесі дозрівання ягід малини.

Ключові слова: *біологічно активні речовини, біофлавоноїди, заморожування, холодова адаптація, кріоушкодження, біотрансформація, поліфенольні сполуки.*

G.Simakhina

DYNAMICS OF BIOTRANSFORMATION AND BEHAVIOUR DURING RASPBERRIES' BIOCOMPLEX FREEZING

The expedience of using raspberries to obtain the fresh-frozen half fabricates with high biological value is proved in this article. There were compared the quantitative and qualitative changes in the main groups of raspberries' bioactive substances under low temperatures; there was also defined the berries' ability to cold adaptation and resistance to the cryogenous damages, depending on the kind of raspberries. We studied the dynamics of polyphenol compounds' biotransformation during the berries' maturing.

Keywords: *biologically active substances, bioflavonoids, freezing, cold adaptation, cryogenous damages, biotransformation, polyphenol compounds.*

© Г.О.Сімахіна, 2009

Ключовим питанням у підтриманні продовольчої безпеки України, досягнутої в останні роки, є стійке забезпечення населення харчовими продуктами, у тому числі й оздоровчого призначення, на основі раціонального використання сільськогосподарської сировини, скорочення її втрат, підвищення ефективності виробництва в агропромисловому комплексі. Ці плани реально здійснити шляхом широкого використання інноваційних технологій у переробній і харчовій промисловостях.

Загальним завданням є організація постачання населення якісними продуктами не лише в сезон збирання й перероблення плодоовочевої сировини й не тільки в сировинних зонах, а протягом усього року, у всіх регіонах України в найрізноманітнішому асортименті.

Для скорочення втрат як сировини, так і її цінних біокомпонентів (насамперед вітамінів), найбільш ефективним способом є застосування низькотемпературних технологій при переробленні, зберіганні й реалізації харчової продукції.

Використання штучного холоду викликає мінімальні зміни харчової й біологічної цінності сировини і отриманих з неї готових продуктів, їхньої якості й органолептичних показників. Разом з тим, за економічністю і, особливо, питомим витратам енергії заморожування харчових матеріалів має значні переваги перед методами теплового оброблення – пастеризацією, стерилізацією, високотемпературним сушінням.

Недарма за прогнозами фахівців і за даними ЮНЕСКО в міжнародному прогнозі “Їжа. Третє тисячоліття” пріоритетним методом консервування сільськогосподарської харчової сировини визнано штучний холод у всіх його модифікаціях і варіантах використання.

На жаль, в Україні поки що випускається недостатньо власної свіжозамороженої продукції. У незначних кількостях її виробляють приватні підприємства невеликої потужності, а отримана продукція здебільшого відзначається низькою якістю, вона швидко псується, оскільки відсутні ефективні технології заморожування рослинної сировини.

Залишається актуальною проблема не лише розроблення нових, а й удосконалення існуючих у світовій практиці холодильних технологій за рахунок сукупного використання холоду з іншими фізичними й технологічними впливами: контрольованим газовим середовищем для зберігання сировини, сучасними пакувальними матеріалами, застосуванням електричних і магнітних полів, тиску тощо.

Актуальним вважається також організація безпосередньо на плодоовочевих підприємствах цехів різної продуктивності з виробництва свіжозаморожених ягід, фруктів, овочів, сумішей напівфабрикатів. Це дасть можливість одержати якісні продукти з високим вмістом вітамінів, раціонально й без втрат переробити вирощену сировину, поліпшити постачання населення оздоровчою продукцією. Більш того, такі підприємства будуть сприяти створенню стабільних колективів кваліфікованих фахівців, здатних своїми зусиллями налагоджувати й розвивати виробництво свіжозамороженої плодоовочевої сировини, генерувати нові наукові ідеї й втілювати їх у вигляді інноваційних технологій, у тому числі із селекції й виведення сортів, найбільш придатних до заморожування й зберігання.

Розвиток холодильних технологій, орієнтованих на виробництво високоякісної плодоовочевої продукції, передбачає використання результатів фундаментальних досліджень в галузі біохімії, фізики, мікробіології, нутриціології й інших наук.

Разом з тим, необхідні подальші дослідження, спрямовані на з'ясування механізму кристалізації води й ступеню кріоушкодження рослинних клітин при низьких температурах, вивчення особливостей заморожування високовітамінної сировини, у тому числі із застосуванням ефективних кріопротекторів, призначених запобігати розвитку кріоушкоджень біологічних об'єктів при заморожуванні, зберіганні й наступному їхньому оводненню.

Це дозволить розробити нову технологію виробництва свіжозамороженої плодоовочевої продукції високої якості, з підвищеним

вмістом біологічно активних речовин, бездоганними органолептичними властивостями й широким спектром використання – як безпосередньо, так і у вигляді напівфабрикатів.

Збільшення виробництва харчових продуктів з підвищеним вмістом біологічно активних речовин, поліпшення їхньої якості, безпеки, споживчих властивостей потребує подальшого детального вивчення багатьох питань із з'ясування низькотемпературних впливів на біокомпоненти плодоовочевої сировини при її заморожуванні й зберіганні.

Тому **метою цієї роботи** є порівняльна характеристика основних груп біологічно активних речовин (БАР) дикорослих ягід до й після заморожування для визначення рівня їхніх можливих втрат, а також з'ясування особливостей біотрансформації в процесі дозрівання ягід однієї із найважливіших груп біокомпонентів – поліфенольних сполук.

Відомо, що рослини справляють антиоксидантний вплив на організм людини, що виявляється підвищенням його стійкості до різноманітних шкідливих чинників (фізичних, хімічних, психоемоційних). Це пояснюється тим, що антиоксиданти забезпечують необхідну активність антиокисної системи – універсальної регулюючої системи організму, що контролює рівень вільнорадикальних реакцій окислювання й перешкоджає нагромадженню окислених токсичних продуктів [1, 2]. Крім того, вони впливають на синтез і перетворення багатьох біологічно активних речовин (амінів, вітамінів тощо) і беруть участь у формуванні ряду структурних елементів клітини [3].

Недостатнє надходження антиоксидантів в організм людини загрожує розвитком атеросклерозу, ішемії серця й мозку, бронхіальної астми, деяких злоякісних новоутворень та інших хвороб [4].

Найбільшою антиоксидантною активністю володіють такі біологічно активні речовини рослинної сировини як токофероли, β-каротин, аскорбінова кислота й фенольні сполуки з Р-вітамінною активністю.

Розглянути ретельно склад та поведінку всіх біологічно активних речовин різних рослинних культур у межах однієї роботи неможливо, та й не має сенсу. Досить показати на якій-небудь одній культурі зміни, що відбуваються при заморожуванні й зберіганні певного виду рослинного матеріалу, щоб оцінити належною мірою перетворення, що спостерігаються при цьому.

Такі зміни ми показали, взявши об'єктом дослідження ягоди малини. Ця культура – одна з найпоширеніших на планеті. Серед декількох сотень видів цієї рослини загальну увага привертає червона малина. Вважають, що в Європі перші культурні різновиди малини з'явилися лише в XVI ст., а через 200 років – в Америці. Їх вивели з дикої лісової малини. Однак і дотепер багато споживачів віддають перевагу лісовій малині. Вона більш ароматна, містить менше води, і тому її легше заморожувати й сушити.

В середині XX століття на частку малини доводилося приблизно 15...20 % загальної площі ягідників. Малина починає плодоносити на другий рік після посадки й дає повні врожаї на третій-четвертий рік. Дозрівання її починається приблизно із середини червня. Дозрівання й збір малини триває 20...25 днів. Спочатку її збирають кожен третій день, на десятий день більша частина малини дозріває, після чого її збирають через день [5].

Середня врожайність малини становить 4...6 т з га, а при доброму догляді врожай окремих сортів може досягти 8...10 т. Тривалість плодоносіння малини становить у середньому 10...12 років.

Збір малини для заморожування, за умови її перевезення на невеликі відстані, починають тоді, коли ягоди почервоніють (сорти із червоною ягодою) або наберуть світло-молочного забарвлення з жовтуватим відтінком (сорти з білою ягодою). Не можна допускати перезрівання малини, тому що її ягоди дуже ніжні й соковиті; зібрані в переспілому стані, вони швидко псуються й стають непридатними для заморожування.

Сучасна медицина визнає високі лікувальні властивості біокомпонентів малини. Її використовують як жарознижуючий і потогінний засіб, у вигляді сиропів для поліпшення смаку ліків.

Однією із основних властивостей малини є її здатність запобігати захворюванням серцево-судинної системи – насамперед, зміцнювати стінки кровоносних судин. І це не дивно. Адже, згідно даним різних авторів, загальний вміст біофлавоноїдів у ягодах малини становить 780...390 мг%, у тому числі антоціанів 270...420 мг%, катехинів 95...170 мг%, лейкоантоціанів 55...90 мг% [6, 7]. Антоціани є основою червоного, фіолетового, синього, бордового, рожевого забарвлення.

А.Троян і І.Борух вивчали дикорослу малину в Карпатських горах і знайшли, що кількість біофлавоноїдів залежить від висоти знаходження рослини над рівнем моря, збільшуючись пропорційно висоті [8].

У малині також міститься багато пектинових речовин, вітамінів, солей калію, кальцію, магнію, фосфору, заліза. Це ставить малину в ряд найцінніших ягід.

Ми обрали для дослідження декілька сортів малини: Мальборо, Волжанка, Шпанка, Мічурінська, Вічно родюча.

Для проведення експериментів ягоди сортували, проводили інспекцію, мили, підсушували в повітряному потоці. Потім заморожували розсипом у низькотемпературній морозильній камері в повітряному середовищі при температурі -35 °С та інтенсивному повітряному потоці до досягнення в центрі продукту температури -18 °С. Заморожені ягоди закладали в поліетиленові пакети з товщиною плівки 40...50 мкм місткістю 0,5 кг із наступною герметизацією шляхом термозварювання. Ягоди зберігали в пакетах при температурі -18 °С протягом 6 місяців. Температуру замороженої продукції заміряли напівпровідниковим вимірником температури ПІТ-2М.

Отримані дані наведено в таблиці 1.

Аналіз табличних даних показує, що обрані для досліджень сорти малини містять достатню кількість органічних кислот (у полуниці, наприклад, їх утроє менше); цукрів, що надає продуктам харчової та біологічної цінності; значну концентрацію аскорбінової кислоти й біофлавоноїдів. Деякі сорти малини містять вітаміну С більше, ніж цитрусові культури. Це сорти “Вічно плодюча”, “Мічурінська” і “Волжанка”.

Досить вражаючим виявився факт наявності значної кількості біофлавоноїдів у всіх сортах малини практично на рівні цього показника в ягодах чорної смородини. Найбільш С-вітамінні сорти малини містять і біофлавоноїдів у більших кількостях (1554,0 і 1432,0 мг%, відповідно).

Заморожування практично не змінює в ягодах кількості цукрів, органічних кислот, золи. Як і слід було сподіватися, в основному ці зміни стосуються вітамінного комплексу. Так, різні сорти малини по-різному реагують на холодовий вплив. І якщо сорт “Мічурінська” втрачає всього 0,7 % аскорбінової кислоти, то в сорті “Волжанка” втрати становлять уже 17,2 %, а в сорті “Шпанка” – 14,5 %.

За своєю здатністю до холодових адаптацій і протистоянню кріоушкоджень сорти малини становлять такий ряд:

Мічурінська > Вічно плодюча > Мальборо > Шпанка > Волжанка.

Біофлавоноїди також піддаються окисним процесам при заморожуванні, тому в заморожених ягодах значний відсоток втрат (17,3 %) виявлений знову ж в сорті “Волжанка”, а в інших сортах знаходиться в межах 2...8 %.

За здатністю протистояти кріоушкодженням і зберігати вихідний вміст біофлавоноїдів досліджувані сорти малини становлять такий ряд:

Вічно плодюча > Мічурінська > Шпанка > Мальборо > Волжанка.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика різних сортів ягід малини сирої і свіжозамороженої (середні дані трьох визначень)

Сорт малини	Вміст, %													
	Сухі речовини		Сума цукрів		Сума кислот (за яблучною)		Зола		Аскорбінова к-та, мг%		% втрати вітаміну С	Біофлавоноїди мг%		% втрати біофлавоноїдів
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		1	2	
Мальборо	12,25	12,10	6,29	6,58	2,48	2,40	0,86	0,74	41,4	37,8	8,7	1397,0	1284,0	8,1
Волжанка	14,15	13,95	7,35	6,74	2,05	1,88	0,64	0,64	58,2	48,2	17,2	1194,0	988,0	17,3
Шпанка	16,20	15,55	6,78	7,48	1,96	2,06	0,98	0,80	49,6	42,4	14,5	1205,0	1148,0	4,7
Мічурінська	15,94	15,26	7,94	7,05	1,98	2,08	0,82	0,94	68,5	68,0	0,7	1554,0	1578,0	2,3
Вічно плодюча	16,36	16,24	8,46	7,94	2,15	1,95	0,78	0,65	70,8	69,5	7,8	1432,0	1404,0	2,0

Примітка: 1 - свіжі ягоди малини

2 - заморожені ягоди малини

Таким чином, ягоди малини є багатим природним джерелом біофлавоноїдів, завдяки чому їх необхідно широко використовувати у виробництві високовітамінних харчових продуктів і біологічно активних добавок до їжі. Разом з тим, із цього погляду варто звернути увагу на дикорослі плоди і ягоди. Є відомості, що дикорosла чорниця містить майже 3000 мг% біофлавоноїдів, кизил - до 2350 мг%, барбарис - до 7000 мг% [9].

Уже зазначали, що значну частку біологічно активних речовин малини складають поліфенольні сполуки. Вони накопичуються у вигляді глікозидів і складних ефірів у тих рослинних тканинах, у яких проходять активні метаболічні процеси. Вміст і склад цих сполук коливається в широких межах і залежить від виду й віку рослини, умов вирощування й вегетації. У різних частинах рослин і в різні періоди вегетації їхній вміст теж неоднаковий.

Для сорту малини “Мічурінська” ми провели за відомими методиками додаткові дослідження з визначення загальної суми поліфенольних сполук і їх складових (флавоноли, катехіни, лейкоантоціани, антоціани) у різний період дозрівання малини. Отримані дані наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Динаміка зміни вмісту поліфенольних сполук при дозріванні ягід малини (мг% до маси сирих ягід)

Етап проведення дослідження	Поліфенольні сполуки	Флавоноли	Лейкоантоціани	Антоціани	Катехіни	
					загальні	вільні
Стадія зав'язі	2298,0	1174,0	135,0	15,0	110,0	95,0
Стадія дозрівання	1996,0	215,0	120,0	144,0	155,0	110,0
Стадія зрілих ягід	1554,0	44,0	84,0	496,0	180,0	130,0

Аналіз результатів, представлених у таблиці 2, дає можливість зробити ряд цікавих спостережень. По-перше, основну частину поліфенольних сполук дозрілих ягід малини становлять антоціани. У незрілих плодах антоціанів в 3,5 рази менше, а на стадії зав'язі їх всього 15 мг% (що становить 3 % від загальної кількості). Вміст флавонолів змінюється іншим чином. На стадії

зав'язі їхній вміст максимальний – 1174 мг%, тобто на цій стадії флавоноли становлять переважну кількість поліфенольних сполук (51 %). Уже на стадії дозрівання вміст цієї групи БАР різко знижується й становить 44 мг% у зрілих ягодах. Загалом, вміст флавонолів зменшується на 92,3 % від стадії зав'язі ягід до стадії зрілих ягід. Вміст лейкоантоціанів коливається в меншому діапазоні, зменшуючись від 135,0 до 84,0 мг%, тобто на 62,0 %. Вміст катехінів трохи зростає по мірі дозрівання ягід малини й збільшується з 110 мг% до 180 мг% у зрілих ягодах. Цікавим є той факт, що на всіх етапах дозрівання ягід вміст вільних катехінів становить значну частину загальної їхньої маси (відповідно, 83,6; 71,0; 72,0 %).

Висновки. Фрукти та ягоди є багатими природними джерелами аскорбінової кислоти та поліфенольних сполук, завдяки чому їх необхідно широко використовувати в раціонах харчування. Сьогодні, коли велика увага приділяється не лише питанням лікування, а, що особливо важливо, проблемам профілактики серцево-судинних захворювань, найбільш цінним є виявлення плодово-ягідної сировини (в тому числі дикорослої), що поєднує у своєму складі достатню кількість аскорбінової кислоти з високим вмістом Р-активних речовин, оскільки обмін біофлавоноїдів безпосередньо пов’язаний з обміном аскорбінової кислоти.

Наведені в роботі результати дають можливість виділити найбільш перспективні види ягідної сировини для заморожування, як з точки зору значного вмісту в ній біологічно активних речовин, так і з позицій структури тканин, здатних протистояти кріоушкодженням при низьких температурах.

Вивчення природних джерел, що мають високу Р-вітамінну активність, останнім часом набирає все більшого значення. Це пояснюється фізіологічною дією біофлавоноїдів: вони зміцнюють стінки кровоносних судин і регулюють їхню проникність; сприяють накопиченню та ефективнішому використанню аскорбінової кислоти; виступають активними антиоксидантами і, завдяки цьому, знаходять все ширше використання у медичній практиці при лікуванні хвороб, пов’язаних з порушенням функції

судинної системи, а також у харчовій промисловості при виробництві інноваційних харчових продуктів оздоровчої та профілактичної дії.

У ягодах малини біологічної зрілості поліфенольні сполуки представлені, головним чином, антоціанами, на синтез яких, очевидно, використані флавоноли, лейкоантоціани й інші флавоноїди. Тому ягоди малини становлять значний інтерес як сировина для одержання харчових барвників, продуктів лікувально-профілактичного призначення, а також при складанні рецептури ягідних швидкозаморожених напівфабрикатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Gordon, M.H., Ail, J.* Antioxidant activity of flavonoids isolated from licorice // Int. News Fats, Oils and Relat. Mater. – 1994. – №4. – P. 519-577.

2. *Сімахіна Г.О.* Біоантиоксиданти – необхідні компоненти оздоровчого харчування // Наукові праці НУХТ. – 2008. – № 25. – С.104-106.

3. *Esterbauer, H., Gebicki, I., Puhl, H.* The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of LDL // Free Rad. Biol. Med. – 1992. – №13. – P. 341-390.

4. *Барабой В.А., Сутковой Д.А.* Окислительно-антиоксидантный гомеостаз в норме и патологии. – К.: Чернобыльинтеринформ, 1997. – 413с.

5. *Дудченко Л.Г., Кривенко В.В*. Пищевые растения-целители.-Киев: Наукова думка,1988. – С.137-139.

6. *Георгиевский В.П., Комиссаренко Н.Ф., Дмитрук С.Е.* Биологически активные вещества лекарственных растений. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1990. – 333 с.

7. *Кузнецова М.А.* Лекарственное растительное сырье. – М.: Высшая школа, 1984. – 275 с.

8. *Троян А.В., Борух І.Ф*. Биологически активные вещества дикорастущих ягод Карпат //Фармация. – 1968. – №3. – С. 224-229.

Надійшла до редколегії 12.05.08 р.