

3. Малюк, Л. П. Обґрунтування раціональних параметрів екстракції полісахаридів з насіння льону [Текст] / Л. П. Малюк, М. І. Погожих, А. В. Зіolkовська // Наукові праці Одеської нац. акад. харч. технологій. – 2008. – Вип. 32. – С. 128–131.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© Л.П. Малюк, А.В. Зіolkовська, І.М. Гурікова, 2009.

УДК 664.022.3:663.8

Р.Ю. Павлюк, д-р техн. наук
Л.М. Соколова, канд. техн. наук
В.В. Погарська, канд. техн. наук
Т.В. Крячко
Н.П. Максимова

ВПЛИВ КРІОГЕННОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД З РІЗНИМИ ШВИДКОСТЯМИ НА ВЕГЕТАТИВНІ ФОРМИ МІКРООРГАНІЗМІВ

Науково обґрунтовано і розроблено новий низькотемпературний спосіб зниження кількості вегетативних форм мікроорганізмів під час кріогенного заморожування ягід при використанні високих та надвисоких швидкостей заморожування (40, 100° С/хв) та надвисоких швидкостей заморожування (200, 400° С/хв) до кінцевої температури -30...-40° С приводило до значного зниження кількості вегетативних форм мікроорганізмів. Розкрито механізм цього процесу.

Научно обоснован и разработан новый низкотемпературный способ снижения количества вегетативных форм микроорганизмов при криогенном замораживании ягод при использовании высоких и сверхвысоких скоростей замораживания. Показано, что криогенное замораживание ягод с использованием высоких (40, 100° С/мин) и сверхвысоких скоростей замораживания (200, 400° С/мин) до конечной температуры -30...-40° С приводило к значительному снижению количества вегетативных форм микроорганизмов. Раскрыт механизм этого процесса.

It is scientifically proved and developed new low-temperature a way of decrease in quantity of vegetative forms of microorganisms at cryogenic freezing of berries at use of high and ultrahigh speeds of freezing. Cryogenic freezing of berries with use high (40, 100°С /min) and ultrahigh speeds of freezing (200, 400° С/min) to final temperature -30...-40° С led to considerable decrease in quantity of vegetative forms of microorganisms and the mechanism of this process is opened.

Постановка проблеми в загальному вигляді. За даними ЮНЕСКО, у міжнародному прогнозі «Харчування 21 століття» заморожування харчових продуктів визнано одним із найбільш прогресивних способів переробки і консервування харчової сировини.

Відомо, що швидкість заморожування є вирішальним чинником під час отримання заморожених продуктів. За даними американських досліджень E.G.V. Goding фірми Corn Products International, США, а також інших вчених, найкращу якість заморожених продуктів (у тому числі фруктів і овочів) отримують, якщо продукт заморожують з максимально великою швидкістю із застосуванням рідкого азоту. Заморожування продуктів у рідкому та газоподібному азоті (методом зрошення) дозволяє краще зберегти рослинні продукти, ніж при традиційному заморожуванні з використанням повітряних швидкостей до кінцевої температури -18°C у повітряних швидкоморозильних апаратах, перш за все, за рахунок кращого стану гістологічної структури, консистенції продуктів, а також гідрофільності їх тканин. Тривалість заморожування рідким азотом в 5...10 разів коротше, а вагові втрати в 2...3 рази менші, ніж при заморожуванні традиційним способом. У міжнародній практиці продукти прийнято заморожувати до температури $-18...-20^{\circ}\text{C}$, рідше до -25°C . Використовують також «шокове заморожування» до $-32...-35^{\circ}\text{C}$ та іноді до -196°C .

Відомо, що заморожування харчових продуктів рідким азотом не призводить до руйнування мікроорганізмів, і деякі мікроорганізми та клітини піддають кріоконсервуванню рідким азотом. При цьому вони зберігають свою життєдіяльність протягом декількох років.

За даними Алмаші, а також інших дослідників, велика кількість мікроорганізмів залишається живими як у випадку повільного, так і у випадку швидкого заморожування. При швидкому заморожуванні (температура від -79 до -180°C) мікроорганізми краще зберігаються, ніж при повільному. За даними Чіба та інших, відомо, що відмирання мікроорганізмів найбільш велике на ділянці максимального утворення кристалів льоду (від -1 до -5°C). При більш низьких температурах швидкість відмирання, навпаки, значно зменшується. Таким чином, при температурі нижчій, ніж температура максимального кристалоутворення, мікроорганізми відмирають менше і повільніше. Також відомо, що деякі мікроорганізми витримують температуру абсолютного нуля. Так, наприклад, спори бактерій, як показав Беккерель, протягом багатьох годин витримують температуру $0,17\text{ K}$. *Proteus Vulgaris* і *Bact.coli* залишаються живими протягом 10 годин при температурі рідкого водню (-252°C). Є і такі мікроорганізми, які зберігають життєдіяльність після стократного розморожування і заморожування. У природі на льоді і снігові зустрічається велика кількість живих бактерій. За даними Алмаші та інших дослідників, загибель мікроорганізмів значно менша при більш низьких

температурах (-20...-25⁰ С), ніж при -8...-12⁰ С. При температурах нижче -25⁰ С, коли біологічні процеси (ферментативні) і денатурація колоїдів повністю завершується, мікроорганізми ще тривалий час залишаються життєздатними. Особливо це характерно для бактеріальних спор, які містять набагато менше води, ніж вегетативні клітини.

Літературні дані свідчать про те, що застосування занадто низьких температур під час заморожування клітин біологічних об'єктів призводить, через вимерзання води, до необоротних змін у колоїдних системах, зменшення здатності білків зсідатися. Але була встановлена і протилежна закономірність: зниження температури зменшує швидкість реакції денатурації.

Таким чином, можна зазначити, що літературні дані про вплив низьких температур, у тому числі рідкого азоту, під час заморожування на мікроорганізми і клітини носять суперечливий характер. Це пов'язано з тим, що до кінця не з'ясовано механізм впливу низьких температур на структуру і фізіологічні властивості біологічних об'єктів і мікроорганізмів під час їх заморожування.

За сучасними уявленнями, під час заморожування біологічних об'єктів, у тому числі мікроорганізмів, вони піддаються впливу низької фізико-хімічних чинників, що виникають при фазовому переході води: внутрішньо- і зовнішньоклітинні кристали льоду, підвищена концентрація електролітів, зміна рН внутрішньо- і зовнішньоклітинного середовища.

У даний час сформульовано декілька гіпотез про механізми кріоконсервування і кріопошкодження біологічних структур: механічне пошкодження кристалами льоду; пошкодження за рахунок ліотропної дії солей на ліпідно-білкові комплекси плазматичних мембран; пошкодження під впливом осмотичних градієнтів при досягненні клітиною певного мінімального об'єму; пошкодження за рахунок денатурації білків, що виникає внаслідок утворення дисульфідних зв'язків або окислення SH-груп; «холодовий шок», що супроводжується послабленням гідрофільних зв'язків і фазових переходів у біомембранах, що призводить до порушення їх проникності. Усі ці механізми кріопошкодження, окрім температурного чинника, пов'язані з динамікою і місцем утворення кристалів льоду. Провідним чинником, що визначає динаміку внутрішньо- і зовнішньоклітинної кристалізації води, а також розмір утворених кристалів льоду, є швидкість охолодження. Під час повільного охолодження відбувається термодинамічне врівноваження води шляхом дегідратації, під час швидкого – шляхом внутрішньоклітинного утворення дрібних кристалів. Аналіз літературних даних показує, що різні види і навіть штами мікроорганізмів мають різну чутливість до режимів і процесів заморожування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Не зважаючи на те, що у світовій і вітчизняній літературі надається перевага високим

швидкостям заморожування, у даний час немає єдиної точки зору на те, чи доцільно заморожувати рослинну сировину при інтенсивних режимах з метою зменшення кількості мікроорганізмів. Вищезазначене дозволяє припустити, що заморожування за різними програмами, зберігання за різних температур можуть впливати на кількість мікроорганізмів, що знаходяться на продуктах. У зв'язку з цим, доцільним і актуальним є проведення наукових досліджень щодо виявлення впливу рідкого азоту на мікрофлору під час заморожування рослинної сировини з різними швидкостями до різних температур і вивчення при цьому ультраструктури мікроорганізмів.

Мета і завдання статті. Мета роботи – розробка нового низькотемпературного способу зниження кількості вегетативних форм мікроорганізмів при криогенному заморожуванні ягід з використанням високих та надвисоких швидкостей заморожування до різних кінцевих температур та виявлення механізму цього процесу для наукового обґрунтування криогенної технології заморожування ягід і пастоподібних добавок із них.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відомо, що харчові продукти заморожують з різними швидкостями до різних кінцевих температур. Швидкості заморожування, за даними американських дослідників О. Феннела та В. Паурі, поділяються на повільні, швидкі та надшвидкі. При повільних швидкостях передбачається заморожування з температурними змінами за одиницю часу починаючи від 0,01 до 0,02⁰ С/хв та від 1 до 20⁰ С/хв. При високих швидкостях передбачається заморожування від 1 до 100⁰ С/хв. Надвисоке заморожування починається зі швидкості 100 та 200...6000⁰ С/хв. Високі та надвисокі швидкості заморожування харчових продуктів забезпечуються використанням криогенних рідин. Заморожування з використанням криогенних рідин – рідкого азоту або вуглекислоти – називають криогенним заморожуванням.

Оскільки рослинна сировина перед заморожуванням не піддається тепловій обробці, необхідно максимально знизити вміст мікроорганізмів, які можуть негативно вплинути на якість виробів, привести до зниження термінів зберігання. У зв'язку з цим, у даній роботі проведено дослідження з виявлення механізму впливу рідкого азоту на ультраструктуру і кількість мікроорганізмів під час криогенного заморожування ягід з різними швидкостями до різних кінцевих температур і простежено залежність між швидкістю заморожування, температурою і кількістю мікроорганізмів.

У процесі виконання експериментальних робіт заморожування рослинної сировини рідким азотом до температур -10, -20, -30, -40...-196° С здійснювали на програмному заморожувачі біооб'єктів УОП-6 в Інституті проблеми кріобіології і кріомедицини НАНУ. Заморожування до -10...-20° С проводили в низькотемпературних холодильниках «Кріоелек-

троніка-11» (НПО «Сатурн»). Як контейнери для заморожування використовували кріопробірки «Трайнер» (Німеччина). Рослинну сировину заморожували з різними швидкостями: повільними – 0,1; 1; 10; 20; 100° С/хв; високими: 30; 40; 50° С/хв; надвисокими: 100; 200; 400° С/хв – до різних кінцевих температур (-10, -20, -30, -40, -50, -60, -196° С). У вихідній рослинній сировині, а також у замороженій визначали загальну кількість мікроорганізмів за загальноприйнятими методиками згідно з ГОСТ, а також мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми.

У результаті проведених досліджень встановлено залежність зміни кількості мікроорганізмів під час заморожування ягід від швидкості охолодження рідким азотом до різних кінцевих температур. Показано, що заморожування рослинної сировини з надвисокими швидкостями заморожування (200...400° С/хв) до кінцевої температури мінус 40° С і нижче (до -196° С) приводило до значного зниження кількості мікроорганізмів – на 59...65% (табл., рис.). Заморожування з різними швидкостями від 0,1 до 400° С/хв до температур більш високих (-10...-20° С) не приводило до зниження кількості мікроорганізмів. При повільних швидкостях заморожування (0,1...20° С/хв) до різних кінцевих температур загибель мікроорганізмів не відбувалася.

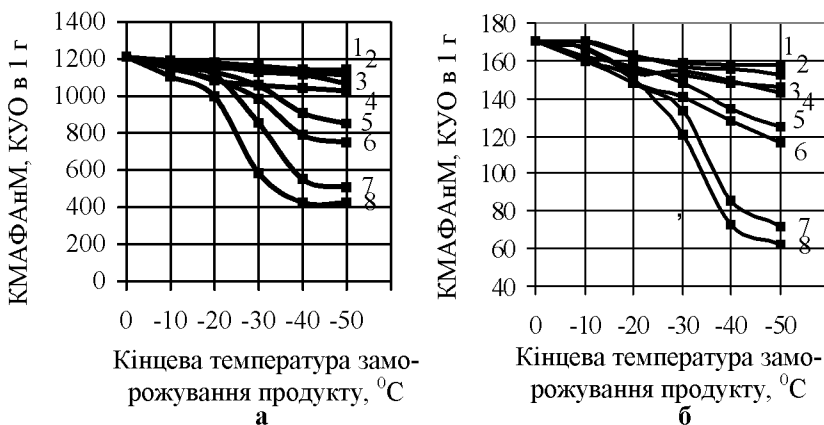


Рисунок – Залежність кількості мікроорганізмів під час заморожування чорної смородини (а) та чорноплідної горобини (б) від швидкості охолодження: 1 – 0,1° С/хв; 2 – 1° С/хв; 3 – 10° С/хв; 4 – 20° С/хв; 5 – 40° С/хв; 6 – 100° С/хв; 7 – 200° С/хв; 8 – 400° С/хв

Метод кріомікроскопії показав, що під час повільного охолодження мікроорганізмів відмічається складчастий характер цитоплазматичної поверхні, що є характерною ознакою їх зневоднення. Вважається, що

складчастість цитоплазматичної мембрани (ЦПМ) є захисною реакцією клітини у відповідь на дегідратацію. У деяких випадках зустрічаються клітини зі збільшеним розміром, мабуть, за рахунок їх стискання кристалами льоду, із розривами і деформацією поверхні, відшаруванням клітинної стінки. Відмічена слабка тенденція до агрегації внутрішньомембранних часточок (ВМЧ) на розщепленій цитоплазматичній поверхні. На основі проведених досліджень можна припустити, що цитоплазматична мембрана має відносно низьку проникність для води.

Таблиця – Вплив швидкості охолодження з використанням рідкого азоту на мікрофлору під час криогенного заморожування ягід до різних температур

Кінцева температура заморожування продукту, °С	Швидкість охолодження, °С/хв	Чорнопідна горобина		Чорна смородина		
		КМАФАНМ, КУО в 1 г	% до вихідного	КМАФАНМ, КУО в 1 г	% до вихідного	
1	2	3	4	5	6	
+ 20	К (контроль)	170,0±9,2	100,0	1210,0±8,2	100,0	
- 10	Повільна швидкість охолодження					
	0,1	170,0±10,1	100,0	1191,8±7,7	98,5	
	1,0	170,0±9,2	100,0	1167,6±8,1	96,5	
	10,0	167,2±9,6	98,4	1173,7±7,4	97,0	
	20,0	165,9±8,2	97,6	1164,0±8,3	96,2	
	Висока швидкість охолодження					
	40,0	162,8±9,1	95,4	1161,6±6,1	96,0	
	100,0	161,6±6,2	95,0	1149,5±6,3	95,0	
	Надвисока швидкість охолодження					
	200,0	160,1±5,7	94,2	1174,9±7,2	97,1	
	400,0	159,4±4,8	93,8	1106,4±6,3	90,2	
	- 20	Повільна швидкість охолодження				
		0,1	162,0±7,2	95,3	1180,8±7,1	97,5
1,0		163,3±5,8	96,0	1152,9±8,5	95,2	
10,0		155,0±7,2	91,2	1162,3±7,6	96,1	
20,0		153,8±6,8	90,5	1085,3±7,9	89,7	
Висока швидкість охолодження						
40,0		156,5±8,5	92,1	1130,1±8,3	93,4	
100,0		148,0±5,1	87,1	1090,2±6,1	90,1	
Надвисока швидкість охолодження						
200,0		148,7±9,1	85,4	1113,2±7,2	92,0	
400,0		150,2±5,7	88,4	997,3±6,4	89,0	

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	
- 30	Повільна швидкість охолодження					
	0,1	158,9±6,4	93,5	1162,9±5,8	96,1	
	1,0	157,0±5,3	92,4	1149,6±5,4	94,9	
	10,0	152,1±4,2	89,5	1130,1±6,2	93,4	
	20,0	154,0±3,8	90,6	1059,5±4,3	87,5	
	Висока швидкість охолодження					
	40,0	148,2±4,5	87,2	1055,1±7,1	87,2	
	100,0	141,4±5,6	83,2	984,9±5,7	81,4	
- 30	Надвисока швидкість охолодження					
	200,0	132,9±6,1	80,1	853,0±5,2	70,5	
	400,0	120,9±4,6	70,2	583,2±4,7	48,2	
- 40	Повільна швидкість охолодження					
	0,1	157,4±6,4	92,5	1143,1±6,5	94,4	
	1,0	155,5±7,2	91,5	1128,0±8,9	94,8	
	10,0	148,6±7,3	87,4	1115,4±7,1	92,1	
	20,0	148,9±8,4	87,6	1043,4±6,2	86,2	
	Висока швидкість охолодження					
	40,0	134,3±7,5	79,0	908,7±8,7	75,1	
	100,0	128,2±6,1	75,4	788,9±6,4	65,2	
	Надвисока швидкість охолодження					
	200,0	85,3±7,8	50,2	549,4±7,8	45,4	
	400,0	72,7±6,5	41,3	424,7±6,4	35,1	
	- 50	Повільна швидкість охолодження				
		0,1	157,4±4,8	92,6	1141,0±6,8	94,3
		1,0	152,2±8,4	89,4	1113,2±9,3	92,0
10,0		145,9±7,8	85,8	1066,0±9,4	88,1	
20,0		142,8±9,2	84,0	1027,0±8,7	84,8	
Висока швидкість охолодження						
40,0		124,7±7,8	73,4	850,6±4,2	70,3	
100,0		116,3±6,3	68,4	748,0±5,3	61,8	
Надвисока швидкість охолодження						
200,0		71,9±8,1	42,3	506,9±4,8	41,9	
400,0		62,4±6,3	38,5	423,5±8,1	35,0	
- 196		Повільна швидкість охолодження				
		0,1	157,4±5,7	92,6	1134,9±7,3	93,8

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
	1,0	156,5±8,5	92,1	1091,4±8,6	90,2
	10,0	148,0±7,2	87,1	1069,6±9,2	88,4
	20,0	147,3±6,1	86,7	1046,6±9,4	86,5
Висока швидкість охолодження					
	40,0	158,4±7,2	93,2	1151,9±5,1	95,2
	100,0	110,1±6,4	64,8	814,3±5,8	67,3
Надвисока швидкість охолодження					
	200,0	58,9±9,6	34,7	611,0±9,0	50,5
	400,0	51,2±7,3	30,1	425,9±6,3	35,2

Установлено, що найбільш ушкоджуючим для мікроорганізмів є швидкий режим охолодження (швидкістю 200, 400° С/хв) до кінцевої температури -40° С. У мікроорганізмах ягід, охолоджених із такими швидкостями, найбільш часто спостерігаються розриви і розрихлювання клітинних стінок, які проявляються в преривистому проходженні площини відколу, що може свідчити про порушення міжмолекулярних взаємодій. Відмічено також деформацію клітинної поверхні кристалами льоду. Указані пошкодження можна пояснити тим, що при високих швидкостях охолодження мікроорганізмів рідким азотом (200, 400° С/хв) вода не встигає лишити клітини і утворюються кристали льоду всередині клітини, які призводять до механічного пошкодження. Відмічено слабку тенденцію до агрегації внутрішньомембранних часток, що свідчить про те, що і “холодовий шок”, який супроводжується послабленням гідрофобних зв'язків і фазовими переходами в біомембранах, призводить до порушення їх проникності, до денатурації білків.

Отримані результати мікробіологічних і електронномікроскопічних досліджень узгоджуються з отриманими нами раніше експериментальними даними на прикладі заморожування яблук, лимону і томатів з різними швидкостями, які були відображені в монографіях [1; 2].

Висновки. Таким чином, виявлено, що “шокове заморожування” з використанням високих і надвисоких швидкостей до температури, нижчої (-35...-40° С), ніж за умов традиційного заморожування (до -18° С) призводить до значного зменшення кількості вегетативних форм мікроорганізмів (кількість КМАФАнМ залишається 30...41%) (табл., рис.). На основі отриманих результатів досліджень розроблено новий низькотемпературний спосіб зниження кількості мікроорганізмів за умов заморожування з використанням рідкого та газоподібного азоту.

Список літератури

1. Павлюк, Р. Ю. Новые технологии витаминных углеводсодержащих фитодобавок и их использование [Текст] : монография / Р. Ю. Павлюк, А. И. Черевко, И. С. Гулий ; Харьков. гос. акад. технолог. и орг. пит. ; Укр. гос. ун-т пищ. техн. – Харьков ; Киев, 1997. – 285 с.

2. Павлюк, Р. Ю. Розробка технології консервування вітамінних фітодобавок і їх використання в продуктах харчування [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.13 / Р. Ю. Павлюк. – Одеса, 1996. – 36 с.

3. Алмаши, Э., Быстрое замораживание пищевых продуктов [Текст]: [пер. с венг.] / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Г. Шарой. – М. : Легкая пищевая промышленность, 1981. – 408 с.

4. Нове в технології заморожування ягід у швидкозаморожувальному тунельному апараті із застосуванням газоподібного азоту [Текст] / Г. Д. Гамуля [та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / ХДУХТ. – Харків, 2008. – С. 58–66.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© Р.Ю. Павлюк, Л.М. Соколова, В.В. Погарська, Т.В. Крячко, Н.П. Максимова, 2009.

УДК 641.5

Г.М. Постнов, канд. техн. наук

Г.І. Дюкарева, канд. техн. наук

О.В. Лазарев

ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ ВИХОДУ АНАТОМІЧНИХ ЧАСТИН ПТИЦІ ІМПОРТНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Визначено норми виходу анатомічних частин птиці імпортного походження.

Определены нормы выхода анатомических частей птицы импортного происхождения.

In this article the certain rates was determined for the anatomical parts of the import origin.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Найбільш раціональним засобом використання птиці під час виробництва напівфабрикатів і кулінарної продукції є розбирання птиці на окремі анатомічні частини. Використання птиці за таким принципом дозволяє вирішувати низку актуальних технологічних, соціальних і економічних питань, а саме диференціювати використання харчового потенціалу