

12. Дятлов В. В. Зміна фракційного складу білкових речовин під час зберігання шампінйонів / В. В. Дятлов, Н. О. Попова // Вісник Донецького нац. ун-ту економіки і торгівлі, сер. "Технічні науки". — 2008. — № 1 (37). — С. 85—89.
13. Медведкова І. І. Якість і збереженість свіжих тепличних томатів із застосуванням обробки плівкоутворювальною композицією : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.15 / І. І. Медведкова. — Донецьк, 2007. — 20 с.
14. Гликопротеины ; под ред. А. Готшалка. — М. : Мир, 1969. — Т. 2. — 300 с.
15. Кульберг А. Я. Биохимия / А. Я. Кульберг, И. А. Тарханова. — М. : Медицина, 1964. — 361 с.
16. Ленинджер А. Биохимия / А. Ленинджер. — М. : Мир, 1976. — 956 с.

УДК 641.528:635

Ńâ³ðëàí à ÁÅË²Í ŃÜÊÀ,
Í àðàë³ÿ Î ÐËÎ ÅÅ,
Âî êî àèî èð ÅÅÍ ÈŃÁÍ ÊÎ

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗБЕРЕЖЕНОСТІ ШВИДКОЗАМОРОЖЕНОЇ ПЛОДОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Якість харчових продуктів визначається сукупністю властивостей, які можуть змінюватися під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників. Згідно із принципами хімічної кінетики, швидкість зміни якості продукту (Q) протягом строку його зберігання (τ) може бути представлено функцією:

$$\frac{Q}{\tau} = F(C_i, E_i), \quad (1)$$

де C_i – хімічний склад харчового продукту (внутрішні чинники);

E_i – температура навколишнього середовища, відносна вологість повітря, термін зберігання тощо (зовнішні чинники).

За умови дотримання правил зберігання та транспортування, які регламентовані нормативними документами, виробник продукту гарантує збереженість обов'язкових параметрів безпечності та мінімальних параметрів якості протягом визначеного проміжку часу – строку зберігання. Міжнародною академією холоду для швидкозаморожених продуктів запропоновано два терміни: *практичний строк*

зберігання та строк збереженості високої якості. Перший – це проміжок часу, протягом якого органолептичні властивості є визначальними для можливості споживання або використання швидкозаморожених продуктів за призначенням. Другий – проміжок часу від завершення процесу заморожування до початку змін властивостей, які можна визначити органолептично. Практичний строк зберігання заморожених продуктів майже втричі перевищує строк збереженості високої якості [1].

Одним із важливих органолептичних показників якості швидкозамороженої плодоовочевої продукції, який одночасно слугує індикатором можливих змін споживних властивостей і може використовуватися як критеріальна ознака закінчення строку збереженості високої якості, є зовнішній вигляд продукту: розсипчастість і відсутність на поверхні цілих або нарізаних плодів і овочів вологи, сконденсованої у вигляді інею. В. Є. Куцаковою зі співавторами [2] встановлено, що утворення конгломератів швидкозаморожених плодоовочевих продуктів зумовлено відхиленням технологічних параметрів холодильного оброблення (температури, швидкості й часу заморожування), неврахуванням особливостей хімічного складу сировини та інших чинників. Через достатньо високий вміст вологи в плодах і овочах, різну міцність її зв'язку із розчинними та нерозчинними речовинами в умовах низькотемпературного зберігання вода може дифундувати із внутрішніх до зовнішніх частин продукту та осідати на його поверхні у вигляді інею. Порушення режимів зберігання швидкозамороженої рослинної сировини також сприяє грудкуванню. Щоб уникнути цього негативного явища, застосовують різноманітні заходи: обдування плодів і овочів перед заморожуванням потоком повітря для зменшення кількості вологи у поверхневих шарах, часткове попереднє зневоднення, застосування надшвидкого та флюїдизаційного способів заморожування [3].

Незважаючи на це, проблема збереженості високої якості швидкозаморожених плодів і овочів протягом життєвого циклу залишається актуальною.

Мета роботи – прогнозування збереженості якості швидкозаморожених плодоовочевих продуктів (на прикладі суниці) від холодильної камери виробника до побутової холодильної камери споживача виявленням зв'язку та залежностей між груповими і комплексними показниками якості й тривалістю та температурними параметрами кожного з етапів, узагальнену схему яких наведено на *рис. 1*.

Відомо, що збереження вихідних властивостей рослинної сировини під час її заморожування зумовлено переважно фазовим перетворенням вологи із рідкого у кристалічний стан, завдяки чому припиняються хімічні реакції, розвиток та розмноження мікроорганізмів, значно уповільнюється швидкість біохімічних процесів [4; 5]. Про-

ведені дослідження особливостей кристалоутворення підтверджують, що кінцева температура $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ всередині замороженої продукції не забезпечує повної кристалізації води, оскільки незначні піки екзотерм тепловиділення спостерігаються у діапазоні температур від -19 до $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це свідчить, що при зберіганні плодоовочевих продуктів у регламентованих умовах у них можуть частково протікати біохімічні процеси, які супроводжуються зміною споживних властивостей: зниженням вітамінної цінності, втратою кольору, набуттям невласного присмаку та запаху [6].

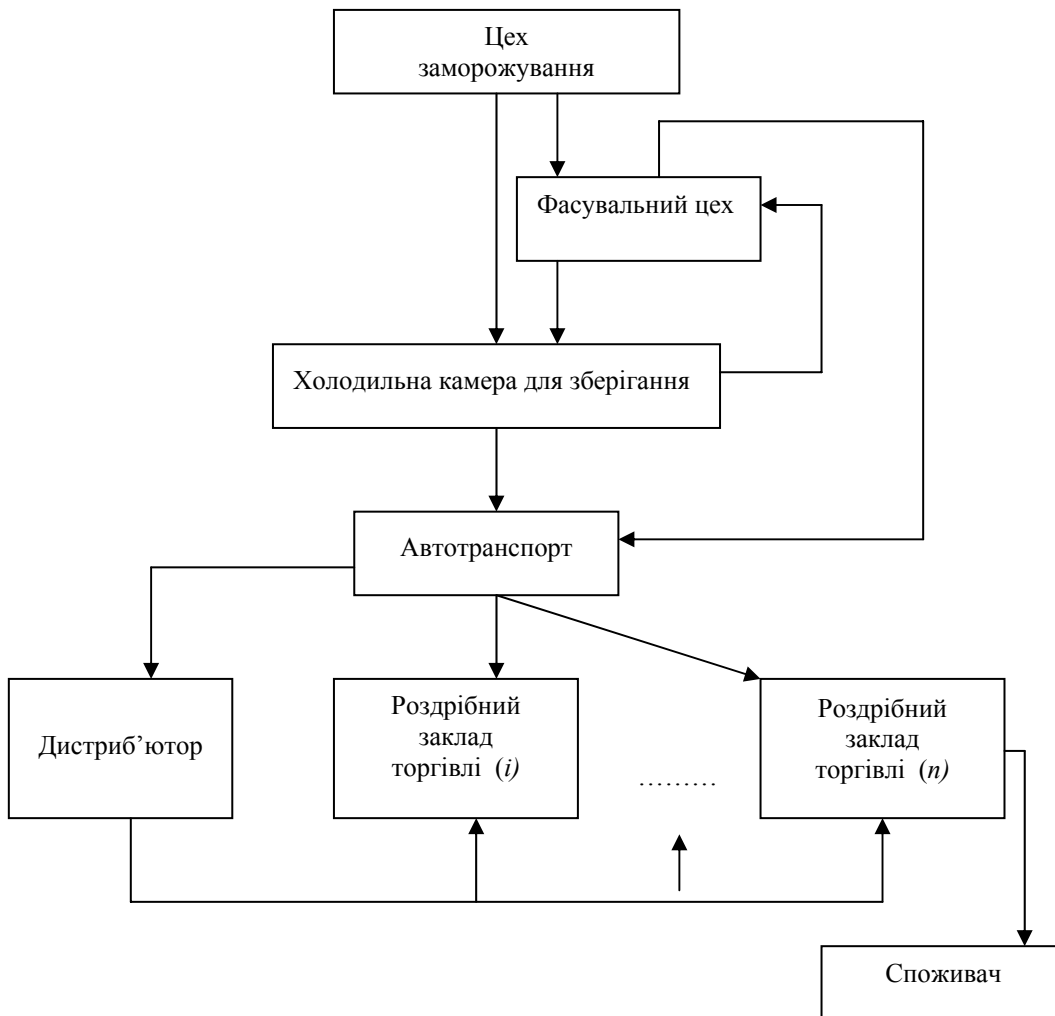


Рис. 1. Узагальнена схема життєвого циклу швидкозамороженої плодоовочевої продукції

Визначено основні етапи технології та транспортування замороженої плодоовочевої продукції, на яких перепади температури значно перевищують допустимі норми (не більше $1\text{ }^{\circ}\text{C}$), та їхню тривалість (рис. 2).

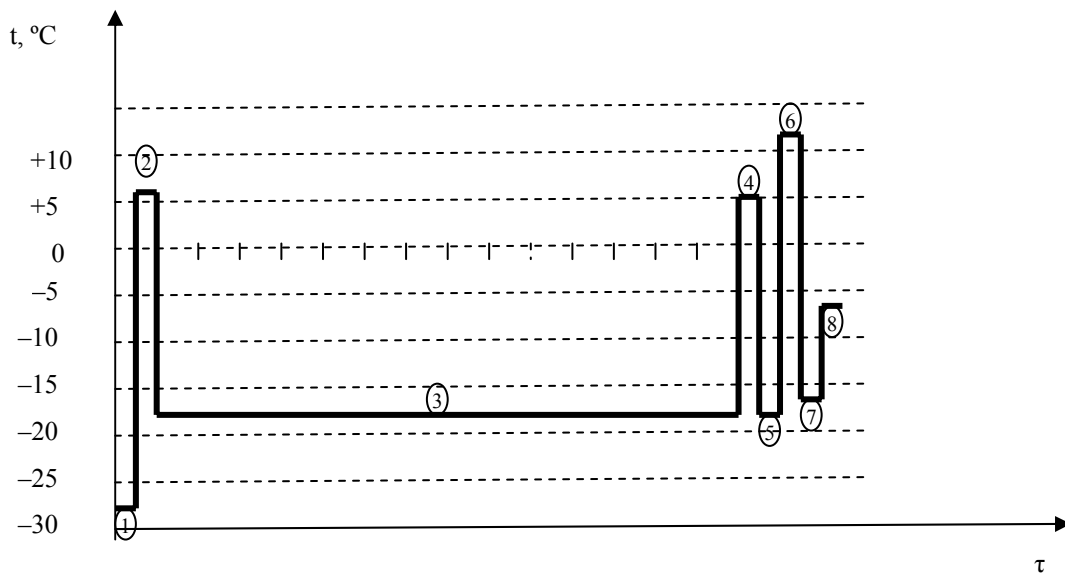


Рис. 2. Коливання температури навколишнього середовища протягом життєвого циклу швидкозамороженої плодоовочевої продукції:

- 1 – заморожування; 2 – розфасовування ($\tau \approx 0.5\text{--}1$ год);
- 3 – зберігання ($\tau \approx 1\text{--}6570$ діб);
- 4 – завантажування у транспортний засіб ($\tau \approx 0.5\text{--}1$ год);
- 5 – транспортування ($\tau \approx 7$ год);
- 6 – розвантажування із транспортного засобу та доставка до торговельного залу ($\tau \approx 2$ год);
- 7 – зберігання у холодильному приладку торговельного залу ($\tau \approx 1\text{--}100$ діб);
- 8 – доставка до споживача ($\tau \approx 2$ год).

Якість швидкозамороженої суниці визначено на етапах життєвого циклу продукції:

1. Заморожування.
2. Розфасовування.
3. Через 1 місяць зберігання.
4. Через 3 місяці зберігання.
5. Через 6 місяців зберігання.
6. Через 9 місяців зберігання.
7. Через 12 місяців зберігання.
8. Завантажування у транспортний засіб і транспортування до місця реалізації.
9. Розвантажування у торговельному закладі та доставка до торговельного залу.
10. Зберігання у холодильних приладах торговельного залу протягом 45 діб (середній період реалізації).
11. Доставка продукції до місця споживання у спеціальних полімерних пакетах, призначених для транспортування заморожених продуктів.

Споживні властивості замороженої суниці визначено за органолептичними (зовнішній вигляд, колір, смак, запах, консистенція після розморожування за 5-бальною шкалою) та фізико-хімічними показниками (вологозатримувальна здатність [7], вміст мінеральних речовин – рентгено-флуоресцентним методом на спектрометрі *ElvaX* (Україна), вітаміну С – йодометричним методом [8], цукрів – фериціанідним методом [9], пектинових речовин [10], титрованої кислотності [11]).

Комплексну оцінку якості розраховано за шкалою бажаності Харрінгтона, перевагами якої є одночасне отримання результатів рівня якості за одиничними та груповими показниками, а також наявність універсальної шкали рівня бажаності: 0.8–1.0 – відмінна якість, 0.63–0.8 – добра, 0.37–0.63 – задовільна, 0.2–0.37 – низька, 0.0 – 0.2 – дуже низька.

Натуральні й перетворені часткові відклики групових показників органолептичних властивостей, біологічної та харчової цінності наведено в *табл. 1*.

Таблиця 1

Етап досліджу	Показники якості									
	Органолептична оцінка, балів					Вологозатримувальна здатність	Масова частка, %			Вміст, мг на 100 г вітаміну С
	зовнішній вигляд	колір	смак	запах	консистенція		цукрів	пектинових речовин	титрованих кислот	
Натуральні часткові відклики *										
1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	76.15	5.08	0.74	0.82	72.0
2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	76.10	5.00	0.74	0.82	72.0
3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	75.87	3.70	0.72	0.88	70.6
4	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	75.80	3.70	0.72	0.90	70.0
5	4.9	5.0	4.9	5.0	4.6	75.60	3.65	0.70	0.91	68.7
6	4.9	5.0	4.8	5.0	4.6	75.10	3.60	0.68	0.92	66.4
7	4.9	4.9	4.7	5.0	4.4	74.17	3.50	0.68	0.94	65.7
8	4.8	4.9	4.7	5.0	4.4	74.00	3.50	0.68	0.94	65.6
9	4.7	4.9	4.7	5.0	4.4	73.50	3.40	0.68	0.94	65.2
10	4.4	4.8	4.4	4.6	3.7	70.10	3.30	0.68	0.96	64.0
11	4.4	4.8	4.4	4.6	3.7	70.00	3.30	0.68	0.96	64.0
Перетворені часткові відклики **										
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	0.37	1.00
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.99	0.37	1.00
3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.35	0.84	0.64	0.90
4	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.35	0.84	0.73	0.86
5	0.90	1.00	0.90	1.00	0.53	0.95	0.32	0.68	0.77	0.77
6	0.90	1.00	0.8	1.00	0.53	0.91	0.30	0.53	0.82	0.61
7	0.90	1.00	0.9	1.00	0.42	0.84	0.25	0.53	0.91	0.56
8	0.80	0.85	0.71	1.00	0.42	0.83	0.25	0.53	0.91	0.55
9	0.71	0.85	0.71	1.00	0.42	0.79	0.20	0.53	0.91	0.53
10	0.42	0.85	0.42	0.53	0.22	0.54	0.16	0.53	1.00	0.44
11	0.42	0.70	0.42	0.53	0.22	0.53	0.16	0.53	1.00	0.44

Примітки: * масова частка мінеральних речовин незмінна на всіх етапах дослідження: Na – 17; K – 152; Ca – 38; P – 25 мг/100 г; Fe – 1.3 мкг/100 г;

** для мінерального складу перетворені відклики становлять 1.00.

Узагальнені відклики комплексного й групових показників органолептичних властивостей, біологічної та харчової цінності наведено в *табл. 2*.

Таблиця 2

Етап досліджу	Узагальнені відклики			
	комплексного показника якості	органолептичних властивостей	харчової цінності	біологічної цінності
1	0.84	1.00	0.78	1.00
2	0.84	1.00	0.77	1.00
3	0.74	1.00	0.67	0.90
4	0.73	1.00	0.65	0.86
5	0.69	0.90	0.63	0.77
6	0.63	0.86	0.59	0.61
7	0.60	0.79	0.56	0.56
8	0.59	0.77	0.56	0.55
9	0.56	0.75	0.53	0.53
10	0.45	0.41	0.46	0.44
11	0.45	0.41	0.46	0.44

Дані таблиці свідчать, що протягом зберігання та товароруку відбувається поступове зниження узагальнених відкликів якості з високого рівня до задовільного, що наочно демонструє *рис. 3*.

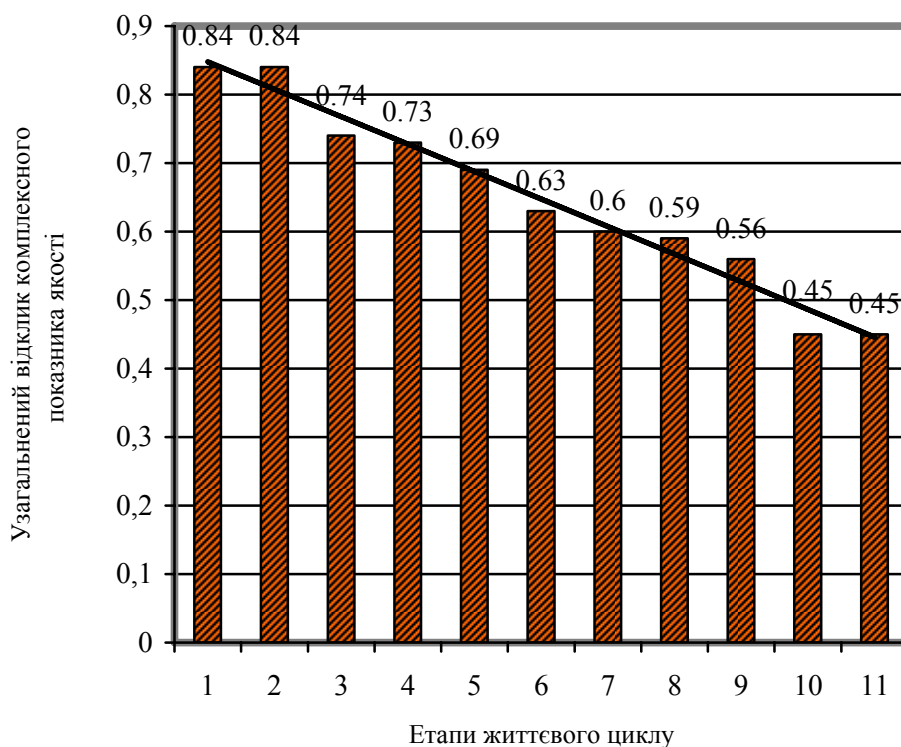


Рис. 3. Зміна узагальненого відклику комплексного показника якості замороженої суниці протягом життєвого циклу

Методом регресійного аналізу розроблено модель зміни узагальненого відклику комплексного показника якості протягом життєвого циклу:

$$y = -0.0402x + 0.8884, \quad (2)$$

де y – комплексний показник якості;
 x – етап життєвого циклу.

За критерієм Фішера модель відповідає експериментальним даним з ймовірністю $P = 0.95$.

Із моделі витікає, що залежність є лінійною і на кожному наступному етапі життєвого циклу узагальнений відклик комплексного показника якості знижується на 0.04 одиниці.

Оскільки якість – це сукупність взаємозв'язаних і взаємозалежних показників органолептичної, харчової та біологічної цінності, розраховано зміни зазначених вище узагальнених відкликів групових показників якості протягом життєвого циклу (рис. 4) та представлено їх у вигляді поліноміальних рівнянь ($P = 0.95$), які відображають відмінності протікання змін.

$$y_1 = -0.0077x^2 + 0.0316x + 0.9707; \quad (3)$$

$$y_2 = 0.0011x^2 - 0.0446x + 0.8245; \quad (4)$$

$$y_3 = 0.0027x^2 - 0.0953x + 1.1462, \quad (5)$$

де y_1 – груповий показник органолептичних властивостей;
 y_2 – груповий показник харчової цінності;
 y_3 – груповий показник біологічної цінності;
 x – етап життєвого циклу.

Із залежності (3) виходить, що зміни органолептичних показників якості (y_1) протягом життєвого циклу відбуваються нелінійно, а параболічно. Гілки параболи, максимальне значення якої знаходиться при $x = 2.05$, направлені вниз. Відповідно, при $x \geq 2.05$ спостерігається зменшення y_1 , причому швидкість зниження останнього із збільшенням x значно зростає. Отже, за розробленою моделлю можна встановити, що при $x \geq 5$ зміни органолептичних властивостей будуть відчутними.

Залежність (4) свідчить, що це параболою, гілки якої направлені вгору. Оскільки функція y_2 набуває мінімального значення при $x = 20$, можна стверджувати, що на досліджуваному інтервалі функція також спадає. При цьому функція увігнута, а це значить, що із зростанням x швидкість зміни y_2 уповільнюється. Аналогічна тенденція встановлена й для y_3 , мінімальне значення якого знаходиться при $x = 17.6$.

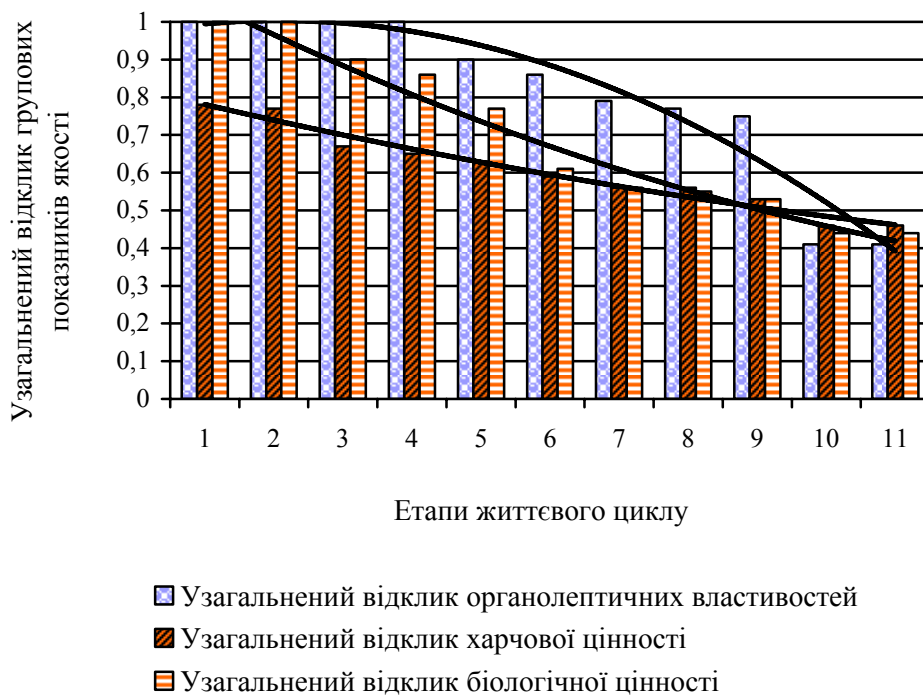


Рис. 4. Динаміка узагальнених відкликів групових показників якості протягом життєвого циклу

На основі аналізу моделей встановлено, що групові показники органолептичних властивостей, харчової та біологічної цінності при збільшенні x знижуються, але швидкість цих змін різна: для y_1 – висока на кінцевих етапах, для y_2 та y_3 – на початкових.

З погляду на те, що якість швидкозаморожених плодоовочевих продуктів відразу після закінчення процесу заморожування є найвищою, можна припустити – коефіцієнт її збереженості на першому етапі дорівнює 1, та розрахувати коефіцієнти втрат якості на кожному наступному етапі відносно попереднього з урахуванням впливу зовнішніх чинників (табл. 3).

Аналізуючи отримані розрахунки, встановлено, що основні зміни якісних характеристик продукту відбуваються на етапах зберігання, які відрізняються найбільшою тривалістю у життєвому циклі. При цьому найсуттєвіші зміни органолептичних властивостей відмічено при зберіганні у роздрібній торговельній мережі, а харчової та біологічної цінності – у виробничих умовах.

Протягом 6 міс. холодильного зберігання зміни фізико-хімічних показників, а саме – зростання масової частки кислот, зниження вмісту цукрів і зміна цукрово-кислотного індексу не відчуються органолептично. Це свідчить про те, що 6 міс. низькотемпературного зберігання є строком збереження високої якості, після чого починається практичний період зберігання.

Коефіцієнти втрат якості замороженої суниці протягом життєвого циклу за умов впливу зовнішніх чинників

Етап досліджу	Коефіцієнт втрат				Режим зберігання	
	органолептичних властивостей	харчової цінності	біологічної цінності	якості	термін (τ), год	температура (t), °C
Заморожування	–	–	–	–		–27
Розфасовування	0.000	0.013	0.000	0.000	1	+6
Зберігання (весь термін – 12 міс.)	0.069	0.305	0.540	0.324	22320	–18
у т. ч. протягом: першого місяця	0.000	0.130	0.100	0.120	720	"
наступних 2-х міс.	0.000	0.030	0.045	0.014	2160	"
наступних 3-х міс.	0.023	0.031	0.105	0.055	4320	"
– " –	0.021	0.063	0.208	0.087	6480	"
– " –	0.025	0.051	0.082	0.048	8640	"
Транспортування	0.026	0.000	0.018	0.017	6	"
Розвантажування та доставка до торгового залу	0.026	0.057	0.037	0.056	1	+10
Зберігання в торговому залі	0.453	0.132	0.200	0.196	1080	–17
Транспортування до місця споживання	0.000	0.000	0.000	0.000	2	–5

Значні зміни органолептичних властивостей швидкозамороженої суниці, які відбуваються при її зберіганні в торговельній мережі, на наш погляд, зумовлені розслабленням консистенції, утворенням конгломератів за рахунок конденсації вологи на поверхні ягід і підсиленням кислого смаку, який відчувається органолептично. Основними причинами змін можуть бути як недотримання рекомендованого температурно-вологісного режиму, так і гідроліз органічних речовин до кислот. Встановлено, що зміни хімічного складу відбуваються, починаючи з етапу фасування, впродовж зберігання, транспортування та реалізації. Найсуттєвіші зміни харчової цінності встановлено на етапах низькотемпературного зберігання (особливо після першого місяця, де коефіцієнт втрат порівняно з попереднім етапом становить 0.130) та після зберігання у торговельних низькотемпературних прилавках (0.132). Зміни хімічного складу зумовлено процесами гідролізу, які хоч і повільно, але відбуваються при температурі зберігання –18 °C. Останнє підтверджено дослідженнями кристалотворення в ягодах суниці, де виявлено незначну амплітуду тепловиді-

лення за температури -23°C , що свідчить про наявність некристалізованої води, зв'язаної з гідрофільними компонентами ягід і завершення процесу кристалізації води при зазначеній температурі [6].

Біологічна цінність ягід зумовлена вмістом вітаміну С, мікро- та макроелементів. Вона знижується, починаючи з перших етапів життєвого циклу, переважно за рахунок зменшення вітаміну С внаслідок часткової реактивації аскорбінаоксидази, адже мінеральний склад практично не зазнає змін.

Для виявлення можливих зв'язків і залежностей між коефіцієнтом зниження якості й тривалістю етапів життєвого циклу та температурними умовами зберігання застосовано метод кореляційно-регресійного аналізу. Встановлено, що зниження якості корелює із згаданими вище чинниками зовнішнього впливу. Коефіцієнти кореляції становлять відповідно $r = 0.86$ та $r = -0.57$, що підтверджує існування дуже високого та помітного зв'язку між зазначеними показниками.

На основі отриманих результатів розроблено математичні моделі, які відображають зміну комплексного показника якості (y_1), харчової (y_2), біологічної (y_3) цінності та органолептичних властивостей (y_4) залежно від тривалості та температури зберігання.

$$y_1 = 1.577 + 0.144x_1 + 0.008x_2 + 0.04x_1x_2, \quad (6)$$

$$y_2 = 1.64 + 0.102x_1 + 0.006x_2 + 0.127x_1x_2, \quad (7)$$

$$y_3 = 1.108 + 0.139x_1 + 0.008x_2 + 0.001x_1x_2, \quad (8)$$

$$y_4 = 0.55 + 0.362x_1 + 0.02x_2 - 0.07x_1x_2, \quad (9)$$

де y – коефіцієнт зниження якості;

x_1 – тривалість зберігання, год;

x_2 – температура, $^{\circ}\text{C}$.

Перевірку адекватності прийнятої моделі експериментальним даним проведено за критерієм Фішера і відмічено, що з надійністю $P = 0.95$ отримані рівняння адекватно описують експериментальні дані й можуть використовуватися для прогнозування зміни якості швидкозамороженої суниці протягом життєвого циклу. Встановлено, що вплив чинника часу на зміну групових і комплексного показників якості є більш значущим порівняно з фактором температури.

Розроблено принципову схему прогнозування збереженості якості швидкозамороженої плодоовочевої продукції (рис. 5).

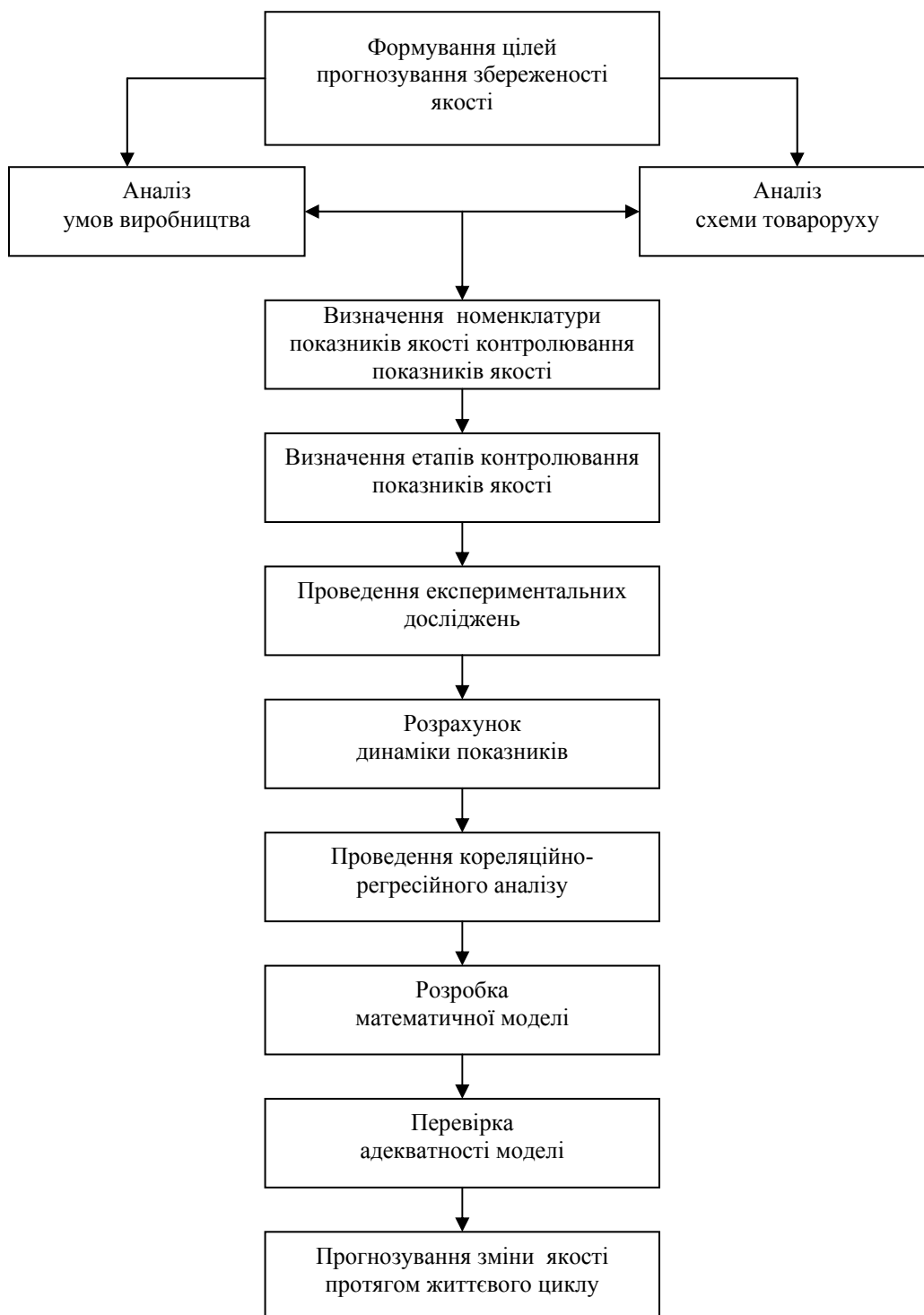


Рис. 5. Принципова схема прогнозування збереженості якості швидкозамороженої плодоовочевої продукції

Таким чином, на основі узагальнення результатів проведених досліджень можна стверджувати:

- між чинниками якості, тривалості та температури зберігання існує пряма залежність;

- основним фактором, який визначає збереженість високої якості швидкозамороженої продукції за регламентованої температури -18°C , є чинник часу; менш вагомий – чинник температури;
- за температури -18°C строк збереженості високої якості замороженої суниці становить 6 місяців;
- зберігання суниці при температурі -23°C уможливорює продовження строку збереженості високої якості.

Застосування запропонованих підходів і методології до прогнозування зміни якості швидкозамороженої плодоовочевої продукції може використовуватися для розрахунку *практичного строку зберігання та строку збереженості високої якості*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Валентас К. Дж. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов / К. Дж. Валентас, Э. Ротштейн, Р. П. Сингх ; пер. с англ. под общ. научн. ред. А. Л. Ижевского. — СПб. : Профессия, 2004. — 848 с.
2. Диффузионная модель образования конгломератов из замороженных ягод при холодильном хранении / В. Е. Куцакова, М. И. Кременевская, В. И. Филиппов, Р. С. Нечай // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2008. — № 11. — С. 22—23.
3. Алмаши Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой. — М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. — 407с.
4. Постольски Я. Замораживание пищевых продуктов / Я. Постольски, З. Груда. — М. : Пищевая пром-сть, 1978. — 606 с.
5. Чижев Г. Б. Формирование кристаллов льда в пищевых продуктах при их замораживании / Г. Б. Чижев, О. А. Цуранов. — М. : ЦНИИТЭИмясомолпрома СССР, 1970. — 16 с.
6. Белінська С. Особливості кристалоутворення під час заморожування суниць / С. Белінська, Н. Орлова, О. Китаєв // Товари і ринки. — 2008. — № 2. — С. 74—80.
7. Методические указания по проведению исследований с быстрозамороженными плодами, ягодами и овощами. — М. : ВАСХНИЛ, 1984. — 25 с.
8. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. — М. : Колос, 1976. — 254 с.
9. ГОСТ 5903–89. Изделия кондитерские. Методы определения сахара. — М. : Изд-во стандартов, 1990. — С. 16—22.
10. ГОСТ 25555.0. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности. — М. : Изд-во стандартов, 1983. — 4 с.
11. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. — К. : Наук. думка, 1976. — 334 с.