

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**Затверджено Вченою радою
Національного університету харчових технологій
як навчальний посібник для здобувачів вищої освіти,
які навчаються за спеціальністю 181 «Харчові технології»**

Київ НУХТ 2024

УДК 635.1/7:631.563.2](075)

Т 38

Затверджено Вченою радою
Національного університету харчових технологій
(Протокол № 9 від 30 травня 2024 р.)

Рецензенти:

Сгоров Б.В. доктор технічних наук, професор, Одеський національний технологічний університет

Хомічак Л.М. доктор технічних наук, професор, Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України

Арсеньєва Л.Ю. доктор технічних наук, професор, Національний університет харчових технологій

Технології сушіння: Навчальний посібник / В.В. Шутюк, Т.М. Левківська, О.В. Душак, К.В. Рубанка, О.С. Бессараб, Бут С.А. – Київ: НУХТ.– Вид-во «АртЕк», 2024. — 355 с.

ISBN 978-917-8043-95-7

У навчальному посібнику викладено суть та методологічні основи сушіння, регідратації та зберігання сушених харчових продуктів. Наведено особливості хімічного складу плодово-овочевої сировини, методи попередньої підготовки сировини до сушіння та основні способи сушіння. Навчальний посібник також містить опис принципів роботи базових сушарок, характеристики основних видів сушильного технологічного обладнання, та обладнання для виробництва харчових концентратів.

У кінці кожного розділу подаються питання для самостійного контролю знань.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти та викладачів вищих навчальних закладів, що навчаються за спеціальністю «Харчові технології», слухачів системи підвищення кваліфікації, для управлінців і фахівців харчових підприємств та всіх, хто пов'язаний із технологіями сушіння харчової сировини.

664.8.047(075.8)

ISBN 978-917-8043-95-7

© В.В. Шутюк, Т.М. Левківська,
О.В. Душак, К.В. Рубанка,
О.С. Бессараб, Бут С.А. 2024
© НУХТ, 2024

ЗМІСТ

Загальні відомості.....	6
Розділ 1. ВОЛОГИЙ МАТЕРІАЛ ЯК ОБ'ЄКТ СУШІННЯ	9
1.1. Будова рослинних клітин і тканин	9
1.1.1. Морфологічна будова та склад рослинних клітин	9
1.2. Рослинна сировина для сушіння.....	13
1.2.1. Овочі	13
1.2.2. Плоди	14
1.2.3. Хімічний склад плодоовочевої сировини	15
1.3. Технологічні вимоги до сировини для сушіння.....	26
1.3.1. Картопля	27
1.3.2. Коренеплоди.....	30
1.3.3. Інші овочі.....	33
1.3.4. Виноград і плоди.....	40
1.3.5. Крупи і бобові	52
Запитання для самоперевірки	65
Розділ 2. СТАТИКА ПРОЦЕСУ СУШІННЯ.....	66
2.1. Фізичні властивості вологого повітря.....	66
2.2. Матеріальний баланс сушарки	72
2.3. Тепловий розрахунок сушарки.....	76
Запитання для самоперевірки	80
Розділ 3. СПОСОБИ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	81
3.1. Класифікація способів сушіння.....	81
3.2. Конвективний спосіб зневоднення.....	83
3.2.1. Тунельні сушарки	84
3.2.2. Стрічкові сушарки	85
3.2.3. Розпилувальні сушарки	87
3.3. Кондуктивний (контактний) спосіб зневоднення	89
3.3.1. Вальцові сушарки	90
3.4. Мікрохвильове сушіння	92
3.5. Сублімаційне сушіння	95
3.6. Способи інтенсифікації процесу сушіння	99
3.6.1. Збільшення зовнішньої канвективної теплопередачі й коефіцієнта масоперенесення.....	100
3.6.2. Збільшення ефективних площ поверхні поділу	100
3.6.3. Використання багатоступінчастих сушарок.....	102
3.7. Вибір способу сушіння.....	106
3.7.1. Фактори, що впливають на процес сушіння.....	106
3.7.2. Зміна продуктів у процесі сушіння	108

3.7.3. Вибір способу сушіння.....	111
Запитання для самоперевірки	112
Розділ 4. ПІДГОТОВКА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	
ДО СУШІННЯ.....	114
4.1. Загальні відомості	114
4.2. Зберігання сировини.....	115
4.3. Транспортування, миття і зважування сировини.....	125
4.4. Очищення сировини	131
4.5. Сульфатація, доочищення, різання, бланшування.....	144
Запитання для самоперевірки	143
Розділ 5. СУШІННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ І ОВОЧІВ	144
5.1. Промислове сушіння коренеплодів та овочів.....	144
5.2. Сушіння картоплі	144
5.2.1. Сушіння картоплі стовпчиками, кубиками, пластинами... ..	144
5.2.2. Картопля різана швидкорозварена.....	162
5.2.3. Картопляні пластівці	164
5.2.3. Картопляні гранули	166
5.2.4. Картопляна крупка.....	168
5.3. Сушіння моркви	170
5.4. Сушіння буряку столового.....	174
5.5. Сушіння білих коренів	177
5.6. Сушіння капусти	182
5.6.1. Капуста білоголова	182
5.6.2. Капуста цвітна.....	186
5.7. Сушіння цибулі ріпчастої.....	187
5.8. Сушіння часнику.....	191
5.9. Сушіння зеленого горошку	193
5.10. Сушіння зелених пряних культур.....	196
5.11. Сушіння цикорію	199
5.12. Сушіння овочів для перших та других страв	202
5.13. Овочеві порошки.....	205
5.13.1. Сублімовані овочеві порошки	218
Запитання для самоперевірки	221
Розділ 6. СУШІННЯ ФРУКТІВ І ЯГІД.....	223
6.1. Промислове сушіння фруктів та ягід	223
6.2. Сушіння насіннячкових плодів.....	224
6.2.1. Сушіння яблук та айви	226
6.2.2. Сушіння груш.....	232
6.2.3. Сушіння мушмули	235
6.3. Сушіння кісткових	237

6.3.1. Сушіння слив.....	240
6.3.2. Сушіння абрикосів, жерделів та персиків.....	245
6.3.3. Сушіння аличі та кизилу	251
6.3.4. Сушіння вишні та черешні.....	254
6.4. Сушіння винограду.....	258
6.5. Сушіння ягід.....	268
6.6. Сушіння горіхів.....	270
6.7. Фруктові порошки	270
6.7.1. Порошок з насіннячкових плодів	272
6.7.2. Порошок з кісточкових плодів	274
6.7.3. Порошок з ягід	274
Запитання для самоперевірки	276
Розділ 7. ВИРОБНИЦТВО ХАРЧОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ	278
7.1. Концентрати обідніх страв.....	278
7.1.1. Перші та другі страви	281
7.1.2. Солодкі треті страви	307
7.2. Кавопродукти	322
7.2.1. Загальні відомості про каву	322
7.2.2. Технологія виробництва кави натуральної смаженої в зернах та меленої	327
7.2.3. Технологія виробництва розчинної кави	333
7.2.4. Технологія виробництва кавових напоїв	339
Запитання для самоперевірки	346
Список літератури	347

РОЗДІЛ 1. ВОЛОГИЙ МАТЕРІАЛ ЯК ОБ'ЄКТ СУШІННЯ

1.1. Будова рослинних клітин і тканин

1.1.1. Морфологічна будова та склад рослинних клітин

Рослини – це живі біологічні об'єкти, що складаються з різноманітних тканин клітинної структури. У свою чергу рослинні тканини складаються з двох основних видів клітин – паренхімних і прозенхімних (рис. 1.1).

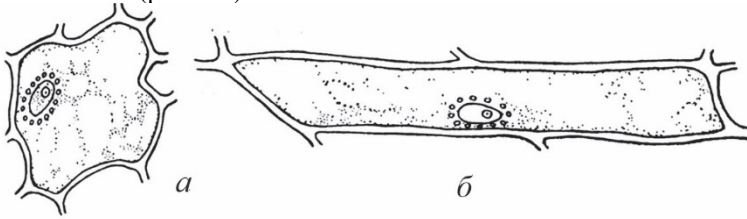


Рис. 1.1. Форма клітин: а – паренхімна, б – прозенхімна

Паренхімні клітини бувають в усіх тканинах. За своєю формою вони бувають круглі, овальні та багатогранні, їх розмір визначається десятками мікрон (10..60 мкм). Прозенхімні клітини утворюють провідні та опорні тканини. Вони мають видовжену форму і можуть досягати у довжину декількох сантиметрів.

Клітини можуть щільно прилягати одна до одної і бути склеєними, а можуть розміщуватися не дуже щільно, утворюючи міжклітинні порожнини, заповнені повітрям або вуглекислим газом. Міжклітинна речовина, яка цементує рослинну тканину, утворена в основному протопектином та геміцелюлозою. При її руйнуванні (тривалому нагріванні) відбувається процес мацерації – роз'єднання клітин і розм'якшення тканин плодів та овочів.

Зовні кожна клітина покрита *клітинною оболонкою* (рис. 1.2), утвореною головним чином целюлозою і протопектином. Крім них вона містить ще геміцелюлозу, пектин і білок лігнін. Її товщина – 0,1 мкм до кількох десятків мкм. Оболонка відіграє роль каркасу клітини, який надає їй міцності та певної форми, а також зберігає всі внутрішні структури від механічних ушкоджень. Клітинна оболонка не є суцільною – вона містить у собі дрібні отвори й канали, через які молекули води й розчинених у ній речовин можуть вільно проникати всередину й назовні, тобто вона є проникна.



Рис. 1.2. Будова рослинної клітини

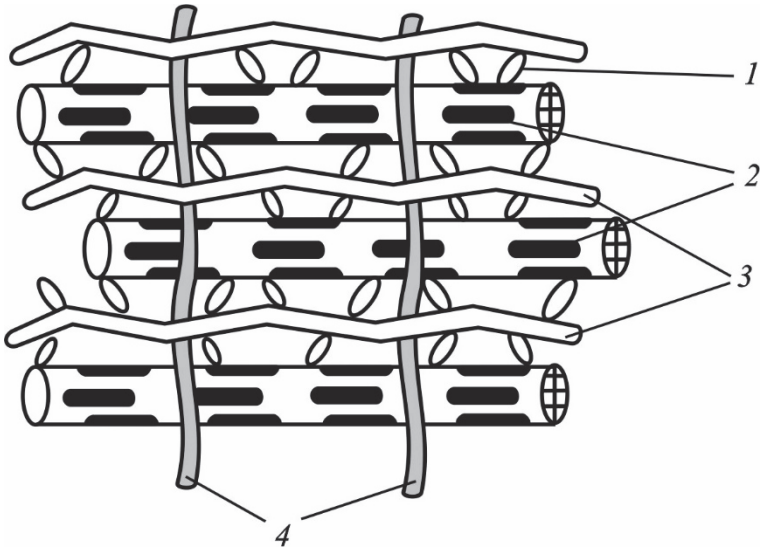


Рис. 1.3. Схема молекулярної організації первинної клітинної оболонки:

1 – мікрофібрили целюлози; 2 – молекули геміцелюлози;
3 – молекули пектину; 4 – молекули білка

Зсередини клітинна оболонка щільно устелена тонкою, слизовидною тканиною *цитоплазмової мембрани* – *плазмалемою*. Плазмалема оточує внутрішній вміст клітини – протопласт. **Протопласт** – це цитоплазма з органоїдами та вакуоля з соком. *Цитоплазма* представляє собою прозору драглеподібну масу і містить 60...90 % вологи. Решта (за хімічним складом) – білки, жири, вуглеводи, ліпоїди, амінокислоти.

У цитоплазмі знаходяться всі клітинні *органойди та включення*: ядро, мітохондрії, пластиди, диктиосоми (апарат Гольджі), мікротільця та ендоплазматичну сітку, кожен з яких має складну й впорядковану структуру і виконує ту чи іншу функцію. Деякі види рослинних клітин містять *цитоплазмові волокна* – *плазмодесми* або *тяжі* (товщиною 1 мкм), які перетинають клітину у різних напрямках і навіть проходять у сусідні клітини.

Пластиди – хлоропласти, хромопласти й лекопласти. *Хлоропласти* – зеленого кольору відіграють роль у фотосинтезі й утворенні органічних речовин. *Хромопласти* – оранжевого кольору, містять каротин. *Лейкопласти* – безбарвні, містяться в бульбах або насінні. Часто з них утворюється крохмаль (у картоплі).

Ядро – пов'язане з розмноженням і розвитком клітин.

Запасні речовини клітини містяться у вакуолях, крохмальних та алейронових зернах (білки у бобових), та в окремих краплевидних включеннях рослинних олій. *Вакуолі* – порожнини, обмежені шаром протоплазми. Вони повністю відсутні у нерозвиненій клітині. При дозріванні клітини з'являється велика кількість дрібних вакуолей, які потім зливаються в одну, яка заповнена клітинним соком – водним розчином органічних речовин (цукрів, білків, кислот, вітамінів тощо).

У дозрілій сировині з розвиненими клітинами соку більше ніж у незрілій.

Цитоплазматична мембрана складається з білкових речовин та ліпоїдів (жироподібних речовин). Незважаючи на мізерну товщину в її структурі розрізняють три шари: верхній – *плазмалема*, середній – *мезоплазма* і нижній – *тонопласт*. Ліпоїди, що розміщуються у зовнішньому і внутрішньому шарах цитоплазматичної мембрани є строго орієнтованими й щільно прилягають один до одного. У *плазмалемі* вони вистроюються гідрофобними кінцями назовні й утворюють свого роду «огорожу» – мономолекулярний ряд з молекул, щілини між якими і є тими капілярами, через які можуть проникати тільки молекули води. *Мезоплазма* складається з молекул білкових речовин, які знаходяться у хаотичному русі. *Тонопласт* є ще більш непроникним, так як він утворений подвійним рядом симетрично розташованих ліпоїдів, одні з

яких вибудовані гідрофільними кінцями до клітинного соку, а другі – гідрофільними кінцями до мезоплазми. Гідрофобні кінці в обох рядах ліпоїдів направлені назустріч один одному.

Через щілини такої оболонки не можуть проникати ніякі молекули, крім води. Тому, цитоплазмову мембрану називають напівпроникною. Ця властивість клітини не є постійною – вона властива тільки живій, здоровій, неушкодженій цитоплазмі і може змінюватись від умов навколишнього середовища (температури, освітлення, тощо). Першою ознакою старіння клітини є руйнування тонопласту.

Властивість напівпроникності притаманна тільки живим, здоровим і неушкодженим клітинам. Вона не є постійною величиною, так залежить від температури повітря, складу цитоплазми тощо.

Види і властивості рослинних тканин.

Однотипні рослинні клітини, об'єднані за анатомо-фізіологічними ознаками, утворюють тканини. Розрізняють покривні, механічні, провідні, меристемні й паренхімні тканини.

Покривні тканини (епідерміс) розміщені зовні і захищають всі внутрішні тканини від несприятливих зовнішніх умов і дії мікроорганізмів. Епідерміс утворений із сплюснених (епідермальних) клітин і має неоднакову товщину й структуру. Часто бувають покриті волосками, шипиками й іншими виростами, які виконують не тільки захисну функцію, а й фототермічну та водну регуляцію. За хімічним складом, це – клітковина, кутин, віск.

Механічні тканини утворюють опору для різноманітних анатомічних рослин і можуть розміщуватись окремими ділянками або суцільним шаром. Мають видовжені із загостреними кінцями клітини з яких формуються стовбур, кісточка, або кам'яністі клітини у незрілих плодах.

Провідні тканини відрізняються видовженими вздовж осі рослини трубчастими клітинами. Як правило, вони об'єднуються у пучки разом з механічними волокнами й активно функціонують у період росту й розвитку рослин.

Меристемні (твірні) – утворюють нові клітини, збільшуючи їх кількість. Частина клітин завжди знаходиться в меристемному стані (у верхівках пагонів, бруньках, зародках, кінцях коренів), а решта диференціюється у різні тканини.

Паренхімна (запасна або основна) зосереджують в собі всі поживні речовини (вуглеводи, білки, жири, органічні кислоти, вітаміни тощо).

Таким чином, кожна з перерахованих тканин відіграє певну роль для нормального росту і розвитку рослин. У сукупності вони

зумовлюють фізичні якості плодів та овочів (форму, розмір, густину) і структурно-механічні властивості (твердість, пружність, міцність, еластичність) від яких залежить вибір технології та оптимальних режимів перероблення сировини.

1.2. Рослинна сировина для сушіння

Для сушіння використовують різні види овочів, фруктів, ягід та горіхів. Всі вони мають властивості характерні для сировини рослинного походження. Разом з тим є і суттєві відмінності, які залежать від виду та сорту сировини, умов її вирощування, ступеню зрілості.

1.2.1. Овочі

Овочі – це соковиті плоди баштанних, листяних, цибульних, коренеплідних, бульбоплідних культур, які використовують як продукти харчування і сировину для переробки.

Розрізняють плодову групу овочів, у яких в їжу використовують плоди чи насіння, та вегетативну групу, їстівною частиною яких слугують коріння, бульби, стебла чи листя.

До плодової групи належать:

– томатні овочі (томати, баклажани, солодкий перець);

– бобові овочів (горох, квасоля, соя, боби);

– гарбузові овочі (огірки, кабачки, патисони, гарбузи та баштанні культури – кавуни та дині);

– зернові овочі (кукурудза).

До вегетативної групи належать:

– бульбоплоди (картопля, топінамбур, батат);

– коренеплоди (буряк, морква, петрушка пастернак, селера, бруква, ріпа, редька, редиска, скорцонера, катран, вівсяний корінь, хрін);

– капустяні овочі (капуста білокачанна, брюссельська, цвітна, броколі);

– шпинатні овочі (шпинат, щавель, щавнат);

– салатні овочі (різні види салатів, салатна селера);

– цибульні овочі (цибуля ріпчаста, шалот, багатоярусна цибуля, цибуля-батун, цибуля-порей, цибуля-слизун, шнітт-цибуля, часник);

– пряні листові овочі (мангольд, портулак, рапс, крес-салат, листова гірчиця, зелень петрушки, кріп, огіркова трава, коріандр, базилік, майоран, хервель, ганус, змісголовник, багаторічні цибулі, ревінь, естрагон, чабер);

– десертні овочі (спаржа).

Хімічний склад шпинату, %, такий: сухі речовини – 8,4, вуглеводи – 2,0, білок – 2,9, клітковина – 1,3, зола – 1,8. Шпинат багатий вітамінами, в мг на 100 г: А – 0,75, С – 55,0, В₁ – 0,1, В₂ – 0,25, В₄ – 18,0, В₅ – 0,3, В₆ – 0,1, Е – 2,5, РР – 1,2 та мінералами: калієм, магнієм, міддю, кальцієм, цинком, марганцем, фосфором, селеном, залізом.

Пряна зелень містить велику кількість вітамінів, ефірних олій. Тому основним завданням при сушінні є максимальне збереження цих речовин та натурального кольору.

Сушену зелень виробляють з молодих стебел і свіжого листя кропу, петрушки, пастернаку і селери, відокремлені від грубих корінців, нев'ялі, не пожовклі, в стеблах, що не огрубіли.

1.3.4. Виноград і плоди

Основними видами плодової та ягідної сировини для сушіння є виноград, абрикоси, сливи, яблука та груші. Сушать також персики (сорт з відокремлюваною кісточкою), вишню, черешню, кизил, аличу, чорницю, малину й ін.

Виноград, призначений для сушіння, повинен мати м'ясисті ягоди зі вмістом не менш 20 % цукру, тонку і ніжну шкірочку.



Рис.1.18. Сорти винограду:

а – білий, *б* – рожевий, *в* – чорний, *г* – кишмиш (безнасінний)

Для сушіння використовують сорти без насіння (кишмиш) і з насіннями (родзинки). Найбільш розповсюджені для сушіння сорти безнасінні – Ак кишмиш і Кара кишмиш, із насінням — Німранг, Джаус, Тагобі, Кара узум, Чилягі, Тербагі тощо.

Хімічний склад винограду для сушіння, %, такий: вода – 74,9—82,6, загальна кількість вуглеводів – 17,3...23,2 (у тому числі інвертний цукор – 16,6...22,8), клітковина – 0,23, білки – 0,4, загальна кислотність (за винною кислотою) – 0,27...0,46, зола – 0,4.

Цукри винограду представлені різною кількістю глюкози і фруктози, цукроза або відсутня, або є в незначній кількості.

У винограді містяться, мг на 100 г продукту, вітаміни: В₁ – 0,09, В₂ – 0,06, В₄ – 5,6, В₅ – 0,02, В₆ – 0,11, В₉ – 0,004, РР – 0,35, С – 4,0, сліди каротину.

До складу мінеральних речовин входять такі елементи: калій, фосфор, кальцій, магній, залізо, натрій, кобальт, кремній, мідь, хром, марганець та йод.

Не допускаються до сушіння ягоди недозрілі, з механічними ушкодженнями, уражені хворобами і сільськогосподарськими шкідниками.

Абрикоси, вирощувані в Узбекистані, Таджикистані, Киргизії і інших середньоазійських країнах, є найкращою сировиною для сушіння. Вони мають яскравозабарвлені плоди з щільною ніжною м'якоттю, високим вмістом сухих речовин і низкою кислотністю.

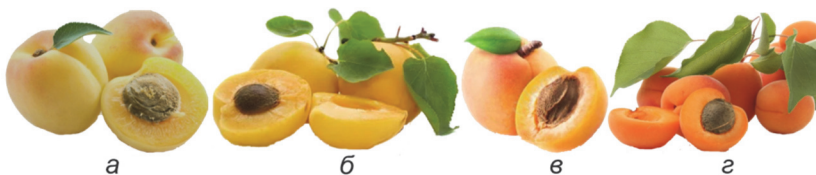


Рис.1.19. Сорти абрикос:

а – Альша, б – Кумир, в – Медовий, г – Насолода

Абрикоси повинні бути в стадії технічної стиглості, не перезрілі, кісточка мають добре відокремлюватися від м'якоті.

Середній хімічний склад абрикосів, %, такий: сухі речовини – 14,0, загальна кількість вуглеводів – 10,5 (у тому числі цукру – 9,5), клітковина – 0,8, органічні кислоти – 1,3, зола – 0,7. Серед цукрів переважає цукроза, у меншій кількості містяться глюкоза і фруктоза.

В абрикосах містяться, мг на 100 г продукту, вітаміни: каротин – до 2,0, В₁ – 0,03, В₂ – 0,04, В₄ – 2,8, В₅ – 0,24, В₆ – 0,05, В₉ – 0,009, РР – 0,6, Е – 0,9, С – 10,0.

До складу мінеральних речовин входять такі елементи: калій, фосфор, кальцій, магній, залізо, мідь, марганець.

Не допускаються до сушіння незрілі чи зелені плоди з понад п'ятьма бородавками, понад трьома легкими забитими місцями, а понад п'ять ушкоджень на одному плоді. У партіях сировини не повинні бути також плоди із сонячними опіками на площі більше 1/8 поверхні плоду, більш трьох зарубцьованих уколів довгоносіка чи одного ушкодження іншими комахами.

Жерделі – дерево, яке виросло з кісточки абрикоса, тобто дика форма абрикоса, яка відрізняється від культурної і зовнішнім виглядом

і деякими іншими якостями. Культивується на території Ірану, Туреччини, Афганістану, країнах північної Африки, Південно-Західної Азії та Південної Європи, на півдні України.

На відміну від абрикосів, плоди жерделі мають менші розміри та більше плодоношення. Жарделі мають блідо-жовте забарвлення, з покривним бордового відтінку, майже не пахне. М'якоть більш кисла, може гірчити, не досить соковита, більш м'ясиста і жорстка.

Плоди жерделі містять велику кількість біологічно активних речовин і вітамінів: цукрів, тіаміну, вітамінів групи В, каротинів, вітамінів РР, Р, С. Також плоди жерди містять мінеральні речовини (магній, кальцій, калій, сірка, натрій, залізо, йод, кремній тощо), органічні кислоти, пектини, клітковину і велика кількість корисних мікроелементів.

Середній хімічний склад жерделі, %, такий: сухі речовини – 15,0, загальна кількість вуглеводів – 9,0, клітковина – 2,1, органічні кислоти – 1,5.

Для сушіння придатні всі сорти та різновиди.

Сливи для сушіння використовують високоцукристих сортів у стадії технічної спілості, з легко відділюваною невеликих розмірів кісточкою, помірною кислотністю. Слива сорту Угорка італійська є цінною сировиною для виробництва чорносливу. Крім цього, придатні для сушіння сорти Угорка ажанська, Угорка фіолетова, Угорка звичайна (молдавська), Ізюм-Ерик, Черкуша тощо.



Рис. 1.20. Сорти слив:

а – Медова Жовта, б – Анжеліна,
в – Угорка звичайна, г – Червона куля

Середній хімічний склад слив, %, такий: сухі речовини – 13,0 загальна кількість вуглеводів – 9,9 (у тому числі цукру – 9,0), клітковина – 0,5, білки – 0,8, органічні кислоти – 1,3. Цукри представлені глюкозою, фруктозою і цукрозою з перевагою глюкози і цукрози.

У сливах містяться, мг на 100 г продукту, вітаміни: β -каротин – 0,19, В₁ – 0,03, В₂ – 0,026, В₄ – 1,9, В₅ – 0,135, В₆ – 0,03, В₉ – 0,005, РР – 0,42, Е – 0,26, С – 9,5.

До складу мінеральних речовин входять такі елементи: калій, фосфор, кальцій, магній, залізо, мідь, марганець та, цинк.

Не підлягають прийманню для сушіння плоди виродливі, перезрілі чи недозрілі, що мають понад три зарубцьовані уколи довгоносіка.

Яблука для сушіння використовують кислі і кисло-солодкі осінніх і зимових сортів (Антонівка, Титівка, Апорт, Коричне, Аніс, Боровинка й ін.). Солодкі яблука мало придатні для сушіння, тому що з них виходить поганорозварюваний, неароматний і несмачний сушений продукт. Ранні сорти (Папірівка, Білий налив тощо) для сушіння не застосовують, оскільки готовий продукт із них отримується низької якості і вихід його невеликий.



Рис.1.21. Сорти яблук:

а – Айдаред, б – Антонівка, в – Голден Делішес, г – Лінгольд

Середній хімічний склад яблук, %, такий: сухі речовини – 13,5, загальна кількість вуглеводів – 11,3, у тому числі цукру – 10,0, клітковина – 0,6, білки – 0,4, органічні кислоти – 0,7, зола – 0,5. Найважливішою складовою частиною є цукри, представлені фруктозою, глюкозою і цукрозою. До складу мінеральних речовин входять калій, кальцій, фосфор, магній, залізо, марганець та мідь.

У яблуках містяться, мг на 100 г продукту, вітаміни: β -каротин – 0,03, В₁ – 0,017, В₂ – 0,026, В₄ – 3,4, В₅ – 0,06, В₆ – 0,04, В₉ – 0,003, РР – 0,09, Е – 0,18. Кількість вітаміну С в залежності від сорту коливається від 5 до 46 мг на 100 г продукту.

Не допускаються для переробки яблука з легко забитими місцями, натисканнями і градобоїнами загальною площею понад 5 см² тощо.

Груші сушені виробляють з літніх і осінніх сортів з низьким вмістом дубильних речовин. Найпридатніші для сушіння сорти Бартлет, Літній Вільямі, Бере Олександр, Безсім'янка тощо.

Середній хімічний склад груш, %, такий: сухі речовини – 12,5, загальна кількість вуглеводів – 10,7 (у тому числі цукру – 9), білки – 0,4, клітковина – 0,6, органічні кислоти – 0,3, зола – 0,5. У грушах міститься невелика кількість вітамінів, в мг на 100г: β -каротин – 0,014, В₁ – 0,012,

$V_2 - 0,026$, $V_4 - 5,1$, $V_5 - 0,05$, $V_6 - 0,03$, $V_9 - 0,007$, $C - 5,0$, $PP - 0,16$, $E - 0,12$. До складу мінеральних речовин входять калій, кальцій, фосфор, магній, залізо, марганець, мідь, цинк, миш'як та йод.

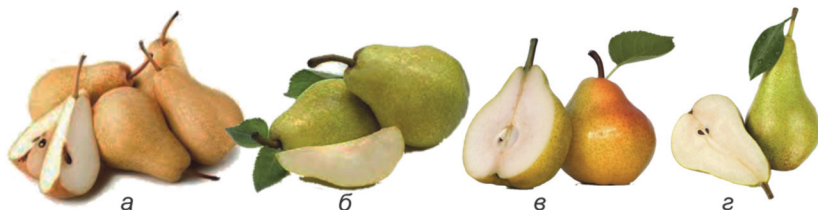


Рис. 1.22. Сорти груш:
a – Бера, *б* – Вільямс, *в* – Дюшес, *г* – Конференція

Неприпустимі відхилення для груші, призначеної для сушіння: незрілі чи переспілі плоди, з легко забитими місцями, натисканнями і градобоїнами загальною площею більш 3 см^2 , більше одного що зарубцьованого ушкодження плодожеркою тощо.

Айву сушену виробляють з осінніх та зимових сортів. Середній хімічний склад айви, %, такий: сухі речовини – 11,5, загальна кількість вуглеводів – 8,9 (у тому числі цукру – 8,0), білки – 0,6, клітковина – 1,5, органічні кислоти – 0,9, зола – 0,6. Серед цукрів переважає фруктоза (до 6,0%), менше міститься глюкози (до 2,0%) та в незначній кількості цукроза. З органічних кислот переважає яблучна та лимонна. Айва є пектинових та фенольних речовин.

В айві містяться вітаміни, в мг на 100г: $V_1 - 0,02$, $V_2 - 0,03$, $V_5 - 0,08$, $V_6 - 0,04$, $V_9 - 0,003$, $C - 15,0$, $PP - 0,2$. До складу мінеральних речовин входять калій, кальцій, фосфор, магній, залізо, мідь, цинк, селен.

Персики, призначені для сушіння, повинні мати кісточку, яка легко відділиться від м'якоти. Колір однорідний, без рум'янця. М'якіть – не занадто соковитою.



Рис. 1.23. Різновидності персика:

a – нектарин, *б* – персик інжирний, *в* – персик приплюснутий,
г – персик-слива (гібрид), *д* – шарафуга (гібрид персик-слива-абрикос)

Середній хімічний склад, %: сухі речовини – 13,5, загальна кількість вуглеводів – 10,4 (у тому числі цукру – 9,5), білки – 0,9, клітковина – 0,9, органічні кислоти – 0,7, зола – 0,6. З цукрів переважає цукроза, потім глюкоза та фруктоза.

Аромат персиків зумовлений наявністю мурашиної, оцтової, валер'янової, капринової кислот, ацетальдегіду та ліналоолових ефірів. З мінеральних речовин містить калій, кальцій, фосфор, залізо, магній, алюміній, мідь, хром, кобальт, кремній та цинк.

Містяться вітаміни в мг на 100 г: β -каротин – 0,5, V_1 – 0,04, V_2 – 0,08, V_4 – 6,1, V_5 – 0,15, V_6 – 0,04, V_9 – 0,008, РР – 0,8, С – 10,0, Е – 1,1.

Мушмулу для сушіння використовують двох видів – японську та німецьку. Плоди – плескато-кулясті (еліпсоїдальні або грушеподібні), яблукоподібні, яскраво-жовте та помаранчеве забарвлення, виростають до 8 см у довжину та до 4 см – у діаметрі. Вони не мають яскраво вираженого смаку та запаху і бувають різного ступеня солодкості, залежно від ступеня зрілості та сорту. При збиранні врожаю слід враховувати, що на відміну від інших представників сімейства рожевих, плоди мушмули, зірвані недозрілими, не дозрівають самі: вони залишаються дуже кислими і швидко в'януть, втрачаючи смакові якості.

Середній хімічний склад мушмули, %, такий: сухі речовини – 13,3, загальна кількість вуглеводів – 12,1 (у тому числі цукру – 10,4), білки – 0,4, жири – 0,2, клітковина – 1,7, органічні кислоти – 0,9, зола – 0,5. З органічних кислот переважає яблучна кислота.

Містяться вітаміни в мг на 100 г: А – 0,076, V_1 – 0,02, V_2 – 0,024, V_6 – 0,1, РР – 0,18, С – 16,0. Крім цього, вона багата на макро- та мікроелементи: йод та залізо, калій, фосфор, кальцій та магній.

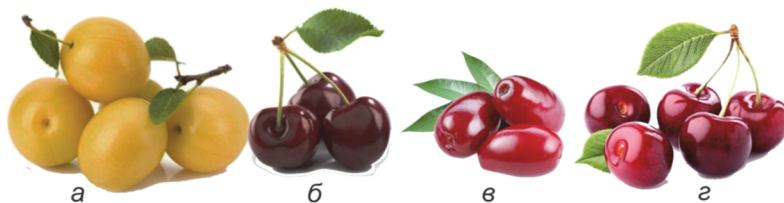


Рис. 1.24. Різновидності кісточкових ягід:
а – алича, б – вишня, в – кизил, г – черешня

Вишня для сушіння може бути округлої чи злегка приплюснutoї форми. М'якість соковита, м'яка, приємного кисло-солодкого смаку.

3.2.3. Розпилювальні сушарки

Конвективне сушіння рідких продуктів у тонкодиспергованому (розпорошеному) стані – один із сучасних високоінтенсивних способів. У харчовій промисловості ця сушіння використовується для зневоднення овочевих та фруктових паст, пюре, соків. Для отримання продукції преміум класу розроблені розпилювальні сушарки ASEPTIC-SD® спеціально для асептичних умов та поєднують апробовану технологію та технічні знання в галузі стерилізації компанії GEA. Завдяки даній сушарці (рис. 3.3.) витримуються найсуворіші вимоги асептичного виробництва.

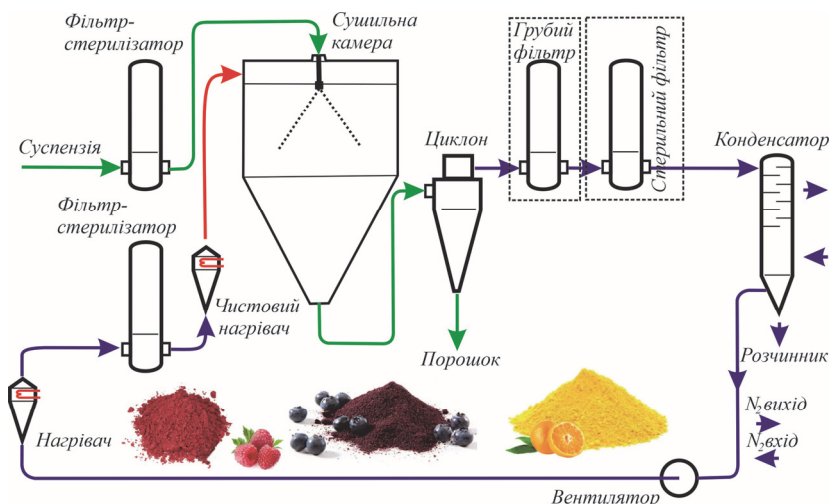


Рис. 3.3. Асептичне сушіння розпиленням

При зневодненні розпиленням рідкі продукти диспергують на краплі малих розмірів (5...500 мкм). Це збільшує поверхню випаровування (площа поверхні 1 кг розчину становить 600 м²) та тривалість сушіння вимірюється секундами (від 5 до 30 с). Дуже малий розмір частинок усуває гальмівну дію термовологопровідності. При цьому швидкість внутрішньої дифузії практично не впливає на швидкість сушіння, в результаті чого з величезної поверхні диспергованих частинок видаляється переважно поверхнева волога. Це дозволяє застосовувати при сушінні термолабільних продуктів підвищені температури сушильного агента (до 180...200 °С).

Розпилювальні сушарки найбільш ефективні при продуктивності 10...20000 кг/год по випареній вологості у зв'язку з їх конструктивною

простотою, малим термічним впливом на матеріал у процесі сушки, з можливістю регулювання кінцевих значень вологовмісту висушуемого матеріалу, високою економічністю, технологічною продукцією, через відсутність таких проміжних стадій, як фільтрація, центрифугування, кристалізація, подрібнення тощо.

Основною частиною цих сушарок є камера, всередині якої сушіння відбувається при розпилюванні в ній рідкого матеріалу. Висушуємий матеріал розпилюється в сушарці до капелі, діаметр якого зазвичай становить кілька десятків мікрон; завдяки високій дисперсності утворюється розвинена поверхня дотику матеріалу з сушильним агентом. Вилучення з крапель вологи, тобто власне сушіння і напівоброблення готового продукту у вигляді порошку відбувається за кілька секунд.

Сушіння розпиленням обумовлюється трьома основними процесами: розпиленням розчину, змішуванням газу і часток розчину, тепло- і масообміном між ними. Крім того, сушіння розпиленням безпосередньо пов'язане з виділенням сухих частинок з потоку газу. Комплекс цих процесів визначає ефективність і техніко-економічні показники розпилювальних сушильних установок.

У техніці сушки застосовуються три способи розпилення розчинів: механічними і пневматичними форсунками і відцентровими дисками. Найбільш економічним є механічне розпилення, але воно дуже вимогливе до чистового перемелення матеріалу і дуже погано піддається регулюванню продуктивності. Пневматичне розпилення та використання відцентрової сили, що обертається з великою кутовою швидкістю дисків, менш вимогливе до якості подрібнення, але вимагає великих витрат енергії.

На рис. 3.4 представлені схеми сушіння в розпиленому стані. Найбільше поширення отримали сушарки з прямотеїним потоком газу (рис. 3.4 *а, б*) у порівнянні з протитеїними (рис. 3.4 *в*) і змішаним потоком (рис. 3.4, *г*).

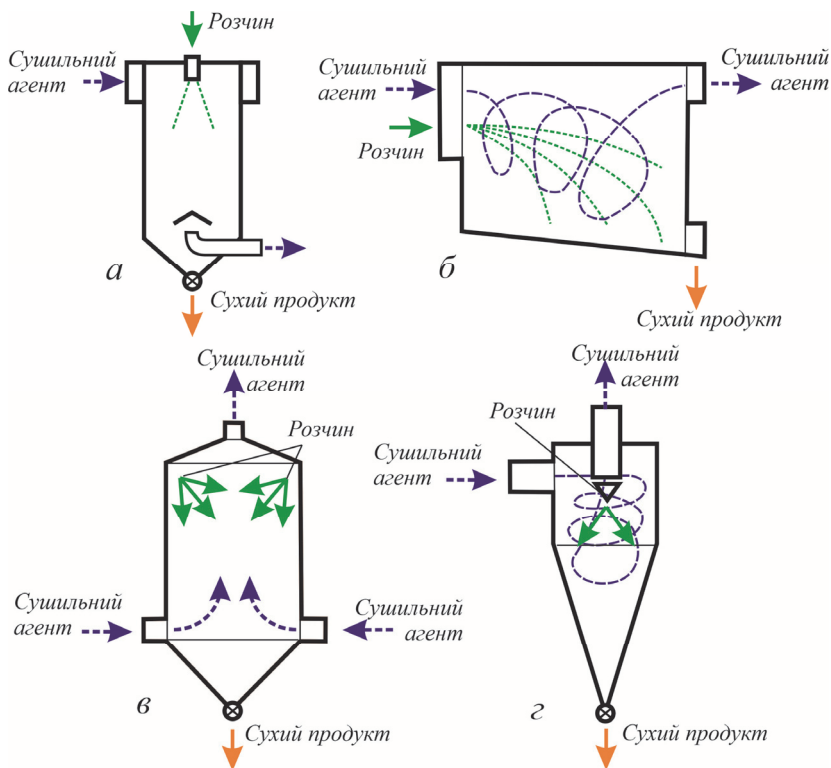


Рис. 3.4. Схеми роботи розпилювальних сушильних установок

3.3. Кондуктивний (контактний) спосіб зневоднення

Даний спосіб ґрунтується на передачі теплоти матеріалу при дотику з гарячою поверхнею. Повітря при цьому способі служить тільки для видалення водяної пари з сушарки й є вологопоглиначем. Коефіцієнт тепловіддачі при цьому способі в десятки разів вищий, ніж при конвективному сушінні.

Температура в різних шарах матеріалу різна: найбільша – у шарі, який контактує з гріючою поверхнею, найменша – у зовнішнього шару. Вологовміст в процесі сушіння даним способом поступово збільшується від шарів, що стикаються з гріючою поверхнею, до зовнішніх шарів. Гріюча поверхня найчастіше нагрівається водяною парою з температурою вище 100 °С. Як наслідок, шари матеріалу, що контактують з гарячою поверхнею, можуть досягти температури

близької до температури конденсації водяної пари що призводить до місцевих перегрівів. Через це ступінь розчинності сухих продуктів, отриманих за цим способом, становить 80...85 %. Обов'язкова умова при даному способі сушіння – хороший контакт матеріалу з гріючою поверхнею.

3.3.1. Вальцові сушарки

Широке застосування отримали вальцеві сушарки безперервної дії різних конструктивних модифікацій, що залежать від стану вихідного матеріалу і способу його подачі на вальці.

Сушарки використовуються для отримання натуральних порошоків з овочів (томатний, морквяний, гарбузовий, шпинатовий, із зеленого горошку, кольорової капусти, пряної зелені, цибульний тощо), фруктів (яблучний, сливовий, абрикосовий тощо) та ягід (чорносмородиновий, журавлинний тощо).

На рис. 3.5. наведена схема одновальцевої сушарки. У її корпусі проти годинникової стрілки обертається закритий з обох кінців циліндричний порожнинний валок, який обігривається зсередини водяною парою, що конденсується. Вхід пари та вихід конденсату здійснюються через ліву порожнинну цапфу. Вихідний рідкий матеріал безперервно надходить в нижню коритоподібну частину корпусу і змочує занурену частину валка. За один неповний оберт останнього матеріал висушується, знімається скребком (ножем) і виводиться за допомогою шнека. Якщо апарат працює при атмосферному тиску, то вторинна пари відводиться невеликим потоком повітря. Товщина висушеного шару матеріалу регулюється відстанню ножа від поверхні валка і в залежності від початкової вологості та властивостей матеріалу становить 0,5...2 мм. У разі сушіння під вакуумом корпус апарату та місце вивантаження висушеного матеріалу герметизуються.

Матеріал надходить у пристрій живлення сушарки через завантажувальний патрубок. У живильному пристрої матеріал ретельно перемішується і наноситься на сушильний валець тонким шаром (1...2 мм).

Впродовж одного обороту вальця матеріал висихає, відокремлюється від барабана сталевими ножами і надходить у приймальний пристрій, з якого він і виводиться з сушарки. Ножі мають товщину не більше 3 мм і довжину не більше 400 мм, так як при більшій довжині важко здійснити щільне прилягання леза ножа до поверхні вальця і очистити її від висушеного матеріалу. Нещільне прилягання ножа може призвести до пригорання матеріалу на поверхні барабану.

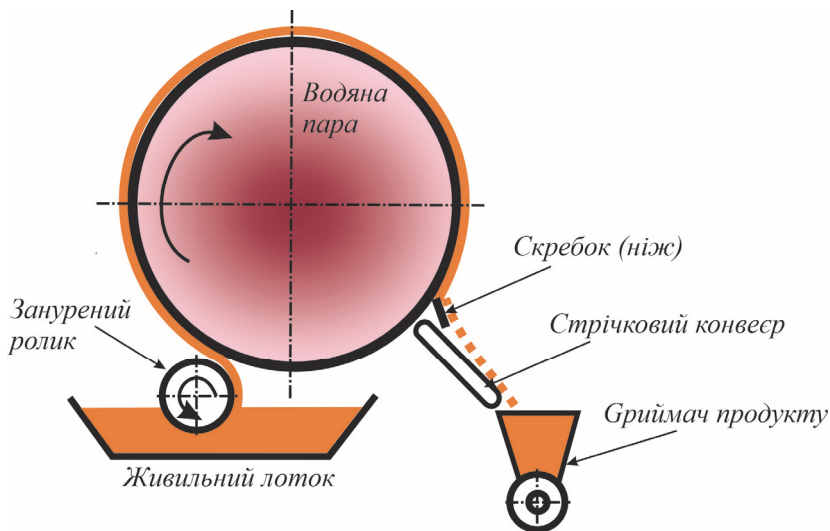


Рис. 3.5. Схеми роботи одновальцевої сушарки

Пара підводиться через ту ж цапфу, через яку за допомогою сифонної трубки відводиться конденсат. Мішалки обертаються від шестерні, посадженої на вісь вальця.

Наявні конструктивні модифікації одновальцевих апаратів відрізняються головним чином способом подачі вихідного матеріалу на валок.

Для досягнення більшої продуктивності в одному агрегаті застосовують двовальцеві сушарки, що працюють при атмосферному тиску, так і під вакуумом (рис. 3.6). Тут матеріал надходить одночасно на два валки, що обертаються назустріч один одному. Конструктивні модифікації цих апаратів відрізняються способами відведення висушеного матеріалу та подачею вихідного. Так, можливе відведення матеріалу, що зрізається з обох валків, одним загальним шнеком або роздільними шнеками.

Вальцеві сушарки для рідкофазних і пастоподібних матеріалів відрізняються короткочасним контактом них з поверхнею нагріву (зазвичай трохи більше 30 с), а при роботі під вакуумом – відсутністю контакту з атмосферним повітрям. Це зумовлює порівняно широке застосування розглянутих апаратів для висушування термолабільних і легко окиснювальних матеріалів. Завдяки сушінню матеріалу в

тонкому шарі кількість випареної води з 1 м² поверхні валків дуже велика відносно невеликого.

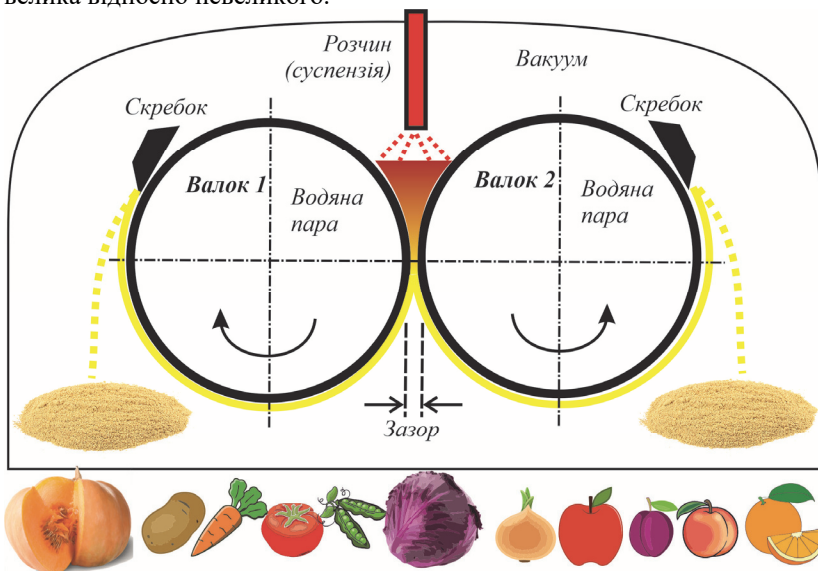


Рис. 3.6. Схеми роботи двовалькової вакуумної сушарки

Істотними недоліками вальцьових сушарок є дуже велика металомісткість (маса апарату з поверхнею валків 20 м² перевищує 25 т) та складність обслуговування (зношення ножів та поверхні самих валків). Однак, з позиції витрат тепла контактні сушарки вигідніші за конвективні, так як у перших тепло витрачається лише на нагрівання матеріалу, випаровування вологи і втрати в навколишнє середовище, але відсутня віднесення тепла з відпрацьованим повітрям або іншими газами.

3.4. Мікрохвильове сушіння

Мікрохвильова технологія – серйозне досягнення науки і техніки, продукт десятирічних досліджень вчених та військово-промислового комплексу. За допомогою мікрохвильового обладнання можна вирішувати актуальні завдання багатьох виробництв – сушити рибу, м'ясо, зерно, фрукти та овочі, лісоматеріали, цеглу та овечу вовну, бавовну-сирець, лікарські трави, підвищувати якість комбикормів, вилучати з рослинної сировини сполуки, альтернативні отрути.

5.6. Сушіння капусти

5.6.1. Капуста білоголова

Найбільш придатні для сушіння пізні та середньопізні сорти з вмістом сухих речовин не менше 8 %, що мають великі качани з білим листям. Качани повинні бути цілими, сформованими, щільними, без захворювань і пошкоджень.

Технологічна схема виробництва сушеної білоголової капусти передбачає: сортування, висвердлення осердя, видалення покривного лисття, різання, бланшування, сульфитацію, сушіння, інспектування, фасування (рис. 5.11).

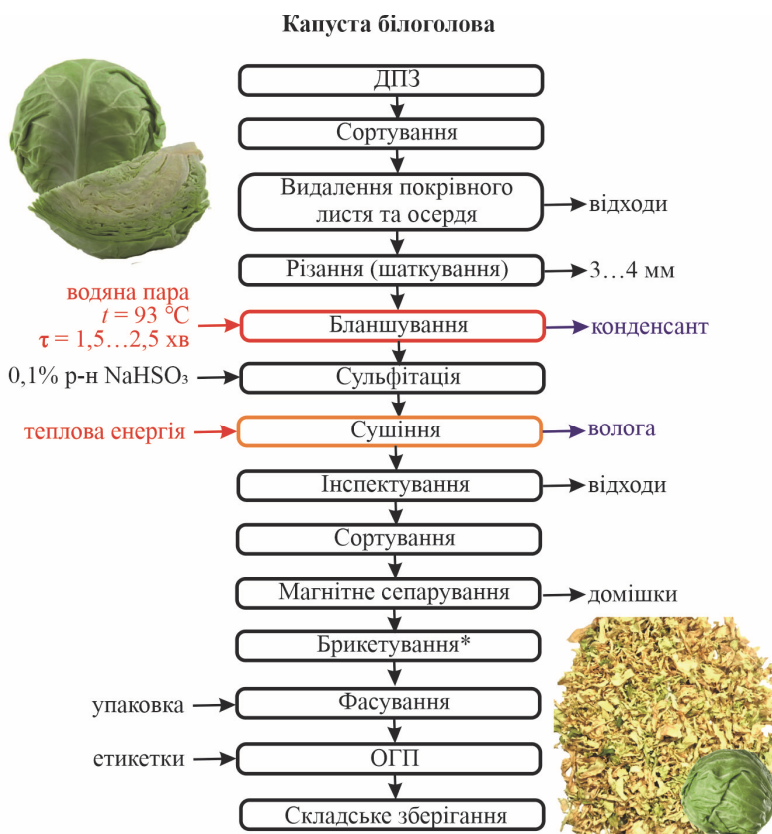


Рис. 5.11. Принципово-технологічна схема виробництва сушеної капусти білоголової

Капусту подають у цех із сировинної площадки або з овочесховища чи автомашинами транспортерами, сортують за розміром, видаляють пухкі головки, після чого висвердлюють осердя спеціальними пристроями, що являють собою конусоподібні спіральні свердла. Пристрій для видалення осердя повинен працювати за частоти обертання свердла 200 хв^{-1} . Для забезпечення якісного очищення й одержання мінімальної кількості відходів треба мати свердла трьох розмірів відповідно до діаметра качана і головок різної величини.

Після висвердлювання осердя головки надходять на очищення від зовнішніх грубих темно-зелених листів. Внутрішні здорові, щільно прилягаючі ясно-зелені листи доцільно залишати завдяки високому вмісту у них цінних мінеральних солей і вітаміну С. Кількість відходів при цьому значно зменшується. Очищають капусту вручну, добре загостреними кухонними ножами на спеціальних столах.

Очищену капусту інспектують на стрічковому транспортері, потім нарізають на шаткувальних машинах у вигляді вузької і рівномірної стружки завширшки 3...4 мм. Тонке нарізання капусти сприяє кращому і швидшому видаленню вологи в процесі сушіння. Частота обертання диска машини $240...300 \text{ хв}^{-1}$. Між серпоподібними ножами машини повинен бути проміжок 3...4 мм, причому лезо наступного ножа має відстояти від крайки попереднього на 1...2 мм. Для поліпшення якості різання, уникнення рваних шматочків і для рівномірного шаткування треба стежити за станом ножів, їхнім своєчасним загостренням і регулюванням проміжку. Машину варто завантажувати сировиною повністю, безупинно, не допускаючи вібрації диска.

Після шаткування капусту бланшують парою протягом 2...3 хв, таке оброблення забезпечує повну інактивацію окисних ферментів, що сприяє кращому збереженню вітаміну С в процесі сушіння і збереження капусти за найменших втрат сухих речовин сировини. Бланшують капусту в паровому стрічковому бланшувачі за товщини шару 3...4 см і температури в паровій камері не нижче $93 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Тривалість обробки регулюється швидкістю руху стрічки бланшувача і кількістю подаваної в камеру пари. Закінчення бланшування визначають за консистенцією і зовнішнім виглядом продукту (стружка напівпрозора), інактивацію ферментів – пробую за гваяколом. Температура продукту при виході з парової камери повинна бути не нижче $81 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Дотримання цих умов сприяє меншому вилужуванню екстрактивних речовин і руйнуванню вітаміну та прискорює процес сушіння.

Сульфитація капусти перед сушінням забезпечує збереження кольору, запаху, смаку, вітаміну С в процесі сушіння й особливо у подальшому збереженні. З цією метою при виході з бланшувача капусту рясно обприскують холодним 0,08...0,1%-ним розчином бісульфіту натрію (у перерахуванні на SO₂) на спеціальній установці. Сульфитний розчин зі сталевих резервуарів під тиском 0,3 МПа подається через розпилювальні форсунки, встановлені біля виходу з парової камери над стрічкою бланшувача. Тривалість обробки – 20...25 с. Вміст SO₂ у висушеної капусти має бути не більше 0,06 %. Після сульфитації капуста надходить на сушіння.

Сушать капусту до 13...14 %-ної вологості за режимами, на приведеними у табл. 5.11. Щоб капуста не прилипла до стрічок, першу стрічку змащують рослинною олією.

Капусту з кінцевою вологістю не більше 6...8 % одержують при дотриманні такого режиму сушіння: питоме навантаження сировини на першу (верхню) стрічку – 7,4 кг/м²; кількість завантажуваної сировини, – 4,9 кг/хв; температура повітря над стрічками у °С: першої – 55, другої – 62, третьої – 60, четвертої – 50; відносна вологість відпрацьованого повітря – 42 %. Загальна тривалість сушіння – 280 хв.

Після сушіння капусту сортують, видаляють дефектні частинки, відбирають недосушені і повертають на третю стрічку для досушування, потім пропускають через магнітний уловлювач і сито для видалення частинок розміром менше 3 мм.

Сушену капусту випускають розсипом або в брикетах із масовою часткою вологи трохи більше 14 %. За погодженням із споживачем сушену капусту випускають із масовою часткою вологи не більше 8 %.

Залежно від показників якості сушену капусту випускають першого та другого сортів. Сорт брикетованої капусти визначають сортом сушеної капусти, з якої виготовлені брикети. Сушена капуста для виробництва овочевих сумішей, харчових концентратів та раціонів

Показники якості наведені в таблицях 5.12 і 5.13.

Таблиця 5.12

Органолептичні показники сушеної капусти

Найменування показника	Характеристика і норма для сорту	
	Першого	другого
1	2	3
Зовнішній вигляд	Капуста у вигляді рівномірно нашаткованої стружки. Брикети правильної форми з рівною поверхнею, рівномірні по товщині, цілі, без обламаних граней, що зберігають свою форму при закрутці, укладанні в тару і транспортуванні, легко розминаються	

Закінчення табл. 5.12

1	2	3
Консистенція	Стружка еластична, допускається легка крихкість. Сушена капуста зі зниженою масовою часткою вологи – тендітна	
Смак та запах	Властиві сушеній капусті, без сторонніх присмаків та запахів	
Колір	Білий чи світло-жовтий. Допускається слабо-зеленовий відтінок	
Форма та розміри	Стружка розміром не менше 5 мм у найбільшому лінійному розмірі Допускаються часточки розміром менше 5 мм у % від маси, не більше:	
	В сушеній капусті розсіпом	
	8,0	12,0
	В сушеній капусті брекетованій з масовою часткою вологи не більше 14 %	
	13,0	15,0
	В сушеній капусті брекетованій з масовою часткою вологи не більше 8 %	
	17,0	0,0

Таблиця 5.13

Фізико-хімічні показники сушеної капусти

Найменування показника	Характеристика і норма для сорту	
	першого	другого
Масова частка вологи, %, не більше	14,0	14,0
Масова частка вологи за погодженням із споживачем, %, не більше	8,0	8,0
Масова частка стружки тачасток, підсмажених, з чорними плямами, листя та залишками осердя, %, не більше	3,0	12,0
у тому числі масова частка стружки з чорними плямами та пластинками осердя, %, не більше	2,0	5,0
Тривалість розварювання під час зберігання до 12 місяців з дати виробництва, хв, не більше	25	
Масова частка металевих домішок (часток не більше 0,3 мм у найбільшому лінійному вимірі), %, не більше	0,0003	
Масова частка мінеральних домішок, %, трохи більше	0,01	
Масова частка сірчастого ангідриду, %, не більше	0,06	

Зараженість шкідниками хлібних запасів та наявність запліснялої та загнившої капусти не допускається.

5.6.2. Капуста цвітня

Крім білокачанної сушать також і цвітну капусту.

Технологічний процес виробництва сушеної цвітної капусти включає наступні операції: очищення від покривного листя, миття, інспектування, сульфитація, миття, різання, бланшування, інспектування, сушіння, сортування, пакування (рис. 5.12).
Капуста цвітня

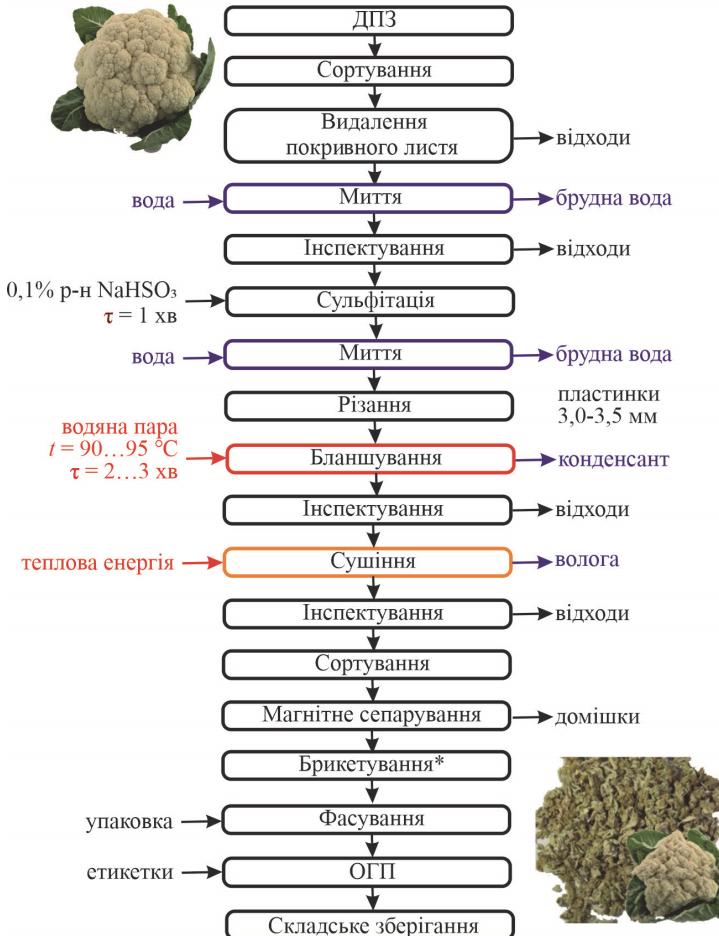


Рис. 5.12. Принципово-технологічна схема виробництва сушеної капусти цвітної

Цвітну капусту, що надійшла на перероблення очищують від зовнішнього покривного листа. Миють в двох послідовно встановлених вентиляторній та мийно-струшувальній машинах з ополіскуванням під душем до повного видалення забруднень. Додатково проводять інспектування та направляють на сульфитацію в 0,1 %-вому розчині бісульфіту натрію протягом 1 хв з метою збереження світлого забарвлення та вітаміну С. Після цього капусту ретельно миють проточною холодною водою.

Капусту ріжуть на пластинки шириною 3,0...3,5 мм та направляють на бланшування парою при температурі 90...95 °С 2...3 хв. Після повторного інспектування цвітну капусту подають на сушіння.

Сушать цвітну капусту на стрічкових конвеєрних сушарках до залишкової вологості 13 %. Температура сушіння над першою стрічкою – 50 °С; над другою – 45 °С; над третьою – 40 °С і над четвертою – 35 °С. Тривалість сушіння 195 хв.

Після сушіння продукт охолоджують 25...30 хв, сортують, відбираючи дефектні частинки і недосушені. Пропускають через магнітні уловлювачі і пакують тільки розсипом, як і інші овочі.

Сушена цвітна капуста являє собою пластинки та частинки суцвіття товщиною до 3 мм, кремового кольору з допустимим жовтуватим відтінком, часточки еластичні з легкою хрупкістю. Смак та запах властиві сушеній цвітній капусті, без сторонніх запахів та присмаків.

5.7. Сушіння цибулі ріпчастої

Для сушіння використовують тільки цибулю гострих сортів з вмістом сухих речовин не менше 14 %. Цибулини повинні бути визрілими, здоровими, цілими, сухими, не забрудненими, з добре підсушеними верхніми лусками і висушеною шийкою від 2 до 5 см. Допускається до переробки не більше 5 % цибулин з довжиною шийки від 5 до 10 см. Розмір цибулин по найбільшому поперечному діаметру для овальних форм - не менше 3 см, для решти форм - не менше 4 см.

Технологічний процес виробництва сушеної цибулі ріпчастої передбачає наступні операції: калібрування, очищення, миття, інспектування, різання, сульфитацію, сушіння, сортування, фасування.

Цибулю доставляють на переробку з цибулесховища автомашинами або за допомогою транспортерів. Проводять калібрування на три розміри по найбільшому діаметру: дрібний – 30...40 мм, середній 41...50 мм і крупний – більше 51 мм.

РОЗДІЛ 5. СУШІННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ І ОВОЧІВ

5.1. Промислове сушіння коренеплодів та овочів

Овочесушильні підприємства класифікують залежно від продуктивності та асортименту продукції, що випускається. Продуктивність овочесушильного заводу (цеху) визначається за фактичною продуктивністю сушильних установок для картоплі, так як вироблення сушеної картоплі становить більше 80 % від загального виробництва сушених овочів.

Переробка овочів здійснюється в певній послідовності: спочатку переробляють зелень, зелений горошок, капусту, часник і цибуля, білі корені і моркву, в середині сезону картоплю, а в кінці сезону - буряк.

5.2. Сушіння картоплі

Картопля, яка використовується для промислового виробництва продуктів харчування повинна мати певні смакові якості, консистенцію, вміст сухих речовин, крохмалю, редуруючих цукрів. На переробку не допускається свіжа картопля, в якій залишкова кількість пестицидів перевищує максимально допустимі рівні, а вміст нітратів — норми, затверджені Міністерством охорони здоров'я.

5.2.1 Сушіння картоплі стовпчиками, кубиками, пластинами

Технологія виробництва сушеної картоплі включає наступні операції: миття; інспектування; очищення і доочищення, різання, бланшування, сульфитацію, сушіння, охолодження та інспектування, сортування та фасування (рис. 5.1).

Операції по підготовці сировини до сушіння на одних заводах проводять за схемою з механічним очищенням, на інших – з очищенням бланшованих бульб.

У сировинному відділенні картоплю миють, інспектують і калібрують. Миють картоплю в мийних машинах (кулачкових, барабаних, вібраційних, щіткових та ін.) у проточній воді до повного видалення бруду. Водопровідний вентиль мийної машини встановлюють на безупинну подачу води.

Відрегулювати його потрібно так, щоб витрата води не перевищувала 3 м² на 1 т сировини і щоб бульби виходили з машини чистими. Частота обертання барабана мийної машини чи валу з лопатями повинна бути не більше 15 хв. Надходження сировини в машину повинне бути безупинним; не можна допускати недо- чи перевантаження машини і подрібнювання бульб. Лабораторія заводу кілька разів за зміну контролює якість миття сировини. Швидкість

руху стрічки інспекційного транспортера не повинна перевищувати 0,1 м/хв. За цієї швидкості робітниці встигають відібрати нестандартні (загнилі, цвілі, хворі, уражені та ін.) бульби і сторонні предмети.

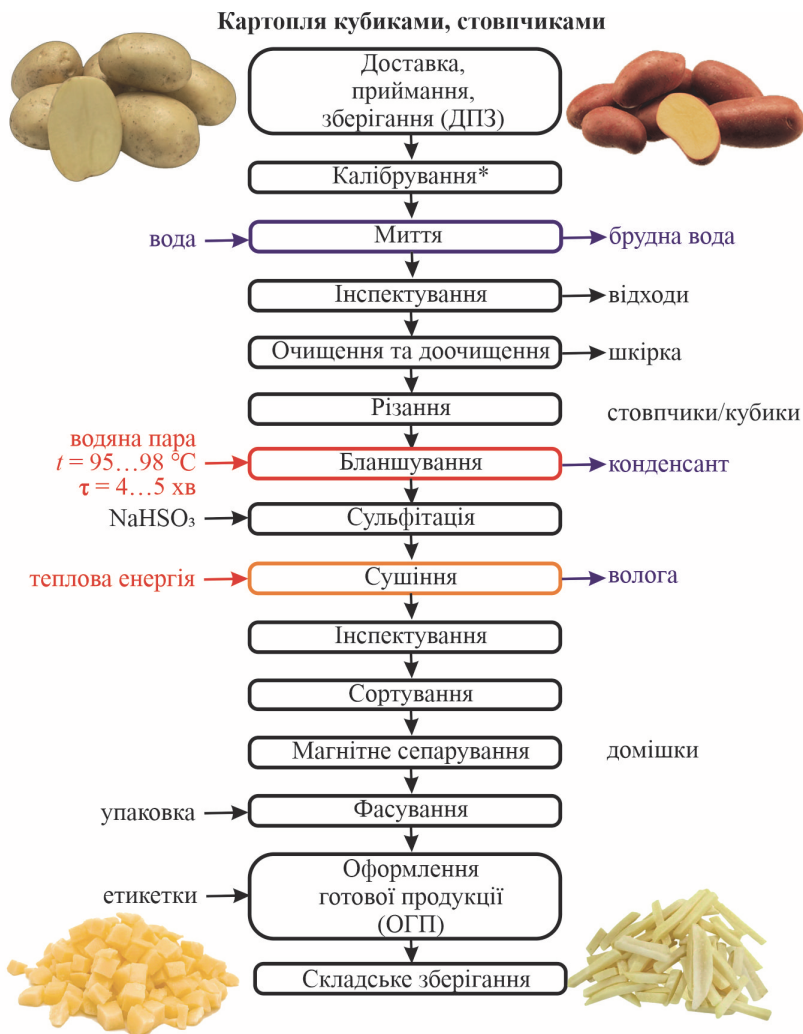


Рис. 5.1. Принципово-технологічна схема отримання сушеної картоплі кубиками, пластинами, стовпчиками

Сировинне відділення типового заводу потужністю 600 і 1200 т за рік з механічним чи пароводотермічним (водопаровим) очищенням бульб обладнане механізованою калібрувальною установкою, що складається з автоматичних ваг, калібрувального барабана, чотирьох бункерів для каліброваної картоплі, розвантажувального стрічкового транспортера і робочої площадки. На деяких заводах мийну машину й інспекційний транспортер встановлюють після калібрувальної установки, що нераціонально, тому що калібрувальний барабан у цьому випадку засмічується землею і гірше працює.

При калібруванні бульби поділяють на чотири розміри за найбільшим поперечним діаметром: дуже дрібна картопля (прохід через отвори калібратора 5×5 см) на сушіння не використовується; дрібна (прохід через отвори 6×6 см); середня (прохід через отвори 7×7 см) і велика (схід з машини). У процесі роботи калібрувального стежача за тим, щоб бульби не затримувалися на похилому лотку від ваг до барабана і надходження їх у першу секцію машини було рівномірним. Оптимальна частота обертання барабана – 8 хв. При нерівномірному завантаженні калібрувальної машини бульби різного калібру перемішуються, що не припустимо. При очищенні картоплі паровим, лужним і луго-паровим способом калібрування картоплі не проводиться.

Очищають картоплю одним із застосовуваних у промисловості способів: механічним, паровим, лужним, пароводотермічним чи водопаровим. Якість очищення і кількість одержуваних відходів залежать від способу очищення, сорту, кондиційності і тривалості збереження сировини, а також від конструктивних особливостей застосовуваного устаткування. Зі збільшенням кількості некондиційних бульб відходи сировини збільшуються.

Встановлено, що картопля після тривалого збереження гірше очищується, кількість відходів у процесі очищення такої сировини зростає. Порівнюючи різні способи очищення, слід відзначити, що найменша кількість відходів отримана при лужному і паровому способах очищення (табл. 5.1).

У процесі очищення бульб змінюється хімічний склад картоплі — вміст крохмалю, цукрів, амінокислот, вітамінів. При механічному способі очищення вміст цукрів, амінокислот і вітамінів (С і В₁) зменшується за рахунок вимивання водою. При термічних способах очищення втрати названих компонентів значно менші, проте за визначених параметрів процесу вміст цукрів може збільшуватися за

рахунок гідролізу крохмалю, що вкрай небажано, оскільки погіршує якість і зменшує стійкість сушеного продукту при збереженні.

Таблиця 5.1

Порівняння способів очищення картоплі

Назва	Результати очищення картоплі, % способом						
	механічним		лужним		паровим	водопаровим	
	сз	тз	сз	тз	пг	сз	тз
Бульби очищені:							
повністю	23,7	13	72	63	38	33,1	26
на 75 %	47	39	15	16	21	19,5	17
на 50 %	14	15			11	24,3	22,4
менше, ніж на 50 %	12,3	25			10	11,4	19,8
повністю, але з неочищеними вічками та з пошкодженнями	–	–	13	14	20	10	10
Відходи:							
на очищенні	12	15	16,7	20,4	18	19	20,6
на доочищенні	15	20	4,6	5,7	10,1	14,3	19,5
Загальні втрати і відходи	27	35	21,3	26,1	28,1	33,3	40,1

Примітка: сз – свіжозібрані; тз – після тривалого зберігання; пг – перероблені в грудні.

Оптимальною умовою термічної обробки картоплі (табл. 5.2) є прогрівання центру бульб до 75 °С, що зумовлює мінімальний приріст цукрів, забезпечує досить повну інактивацію ферментів, що можуть гідролізувати крохмаль до цукрів, а також окисних ферментів, реакції каталізації, що призводять до потемніння тканини картоплі. Між кількістю відходів і вмістом вітамінів у картоплі існує певна залежність, тому що деякі вітаміни, наприклад С і В₁ розташовані в бульбах нерівномірно: у шкірці вони відсутні, а концентруються під шкіркою в тканині на глибині 2...4 мм, досягаючи найбільшої кількості в камбії; у серцевинній частині бульби їхній зміст знову знижується. Зовнішній бідний вітамінами шар дорівнює близько 20 % усієї маси картоплі. Тому з метою максимального збереження вітамінів у картоплі слід прагнути, щоб кількість відходів при очищенні не перевищувала зазначеної величини.

Зовнішній вигляд очищеної картоплі також залежить від способу очищення. Руйнування (мацерація) тканини бульб при механічному очищенні полегшує доступ кисню і проникнення в тканину важких металів, що спричиняє потемніння поверхні картоплі внаслідок утворення темнозабарвлених речовин типу меланінів.

6.1. Промислове сушіння фруктів та ягід

Сушені фрукти та ягоди використовуються в домашньому та громадському харчуванні для приготування компотів, різноманітних начинок та десертів, а також як добавки в харчоконцентратній, кондитерській та хлібопекарській промисловостях.

Сушені фрукти виробляють на різних потоково-механізованих лініях, склад яких варіюється залежно від застосовуваного сушильного устаткування і товарної обробки готового продукту. Промислове виробництво сухофруктів із застосуванням технологічного устаткування для підготовки плодів до сушіння і самого сушіння все більше поширюються в районах розвинутого плодівництва з помірним кліматом (південь України). Штучне сушіння забезпечує одержання готових продуктів високої якості.

Технологічні схеми виробництва окремих видів сушених фруктів відрізняються операціями, що враховують біологічні особливості кожного виду плодів. Так, технологічною схемою передбачається обкурювання сіркою або мокрою сульфитацією світлозабарвлених фруктів і винограду для стабілізації кольору плодів. Для темнозабарвлених фруктів сульфитація не застосовується.

Рекомендують два типи технологічних схем виробництва сушених фруктів з використанням тунельних сушарок: із закінченим циклом виробництва, що передбачає переробку сировини до готової продукції, розфасованої в тару (яблука, вишні, кизил, кайса, курага, груші часточками); з незакінченим циклом, за якого в сезон переробки сировини технологічний процес переривається після сушіння, а в несезонний час сушені фрукти, сливу, урюк, виноград обробляють і розфасовують у тару.

Останнім часом в Україні та за кордоном розроблені нові способи сушіння, що дають можливість значно інтенсифікувати процес і максимально зберегти харчову і біологічну цінність фруктів. До таких способів належать сушіння в киплячому і віброкиплячому шарі, а також сушіння сублімацією.

Якість сушених фруктів значною мірою залежить від товарних і біохімічних властивостей сировини. До основних і загальних вимог, що ставляться до придатної для сушіння сировини, є високий вміст сухих речовин і цукрокислотний індекс, що забезпечує гарні смакові якості продукту і високі техніко-економічні показники виробництва.

До окремих видів сировини встановлюються специфічні вимоги: так, яблука повинні мати м'якість, що не темніє на повітрі, кісточкові – мати низький вміст кісточок і великі плоди, тощо.

Вітамінний, мінеральний склад і колір плодів також є важливими показниками в оцінюванні якості сировини, що використовується для сушіння.

Під час сушіння фрукти зазнають певних змін. Разом з парами води видаляються різні леткі речовини: альдегіди, спирти, складні ефіри та інші речовини, що зумовлюють аромат. Крім того, з нелетких кислот, цукрів та інших сполук у результаті біохімічних реакцій і хімічної деструкції утворюються і видаляються нові леткі сполуки. Частина амінокислот унаслідок дезамінування може переходити в аміак і леткі альдегіди. У кислому середовищі при нагріванні утворюються похідні фурфуролу, проходять цукроамінні реакції, карамелізація цукрів тощо. Одночасно із втратами спостерігається часткове збільшення вмісту сухих речовин за рахунок окисних реакцій з приєднанням кисню; у такий спосіб загальні втрати маси при сушінні частково компенсуються.

Дослідження процесу конвективного сушіння фруктів і зміни їх якості показали, що найраціональніше вести сушіння при температурі сушильного агента в межах 60...80 °С, за якої біохімічні перетворення проходять найменш інтенсивно.

Встановлена також необхідність попереднього теплового оброблення сировини та її сульфитації. У сировині, яка не бланшується чи сульфитується, під активним впливом ферментів, які гідролізуються, і хімічних каталізаторів (наприклад водневих іонів) у процесі сушіння змінюється співвідношення між простими і складними вуглеводами: спочатку зменшується вміст крохмалю і геміцелюлози і збільшується вміст цукрів, а потім неминуче відбуваються їх втрати внаслідок розвитку реакцій окиснення. Частина цукрів при цьому утворює продукти неповного окиснення: ди- і трикарбонові кислоти, що при декарбоксілюванні переходять в одноосновні кислоти.

Харчова промисловість виробляє різноманітний асортимент сушених фруктів і ягід: яблука, груші, сливи, абрикоси, персики, виноград, інжир, смородина, полуниця тощо.

6.2. Сушіння насіннячкових плодів

З насіннячкових плодів сушать айву, груші, яблука та мушмулу. Для сушіння придатні плоди кислих та кисло-солодких осінніх сортів із вмістом сухих речовин не менше 12 %. Їх виробляють у вигляді напівфабрикату, що заготовляється для заводського оброблення, і

готового продукту, що реалізується у вигляді сухофруктів окремими видами або сумішами.

Залежно від способу підготовки та обробки сировини сушені насіннячкові фрукти (готовий продукт і напівфабрикат) поділяють на види, зазначені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Види сушеної продукції з насіннячкових плодів

Вид продукту	Найменування фруктів
Очищені без насіннєвої камери оброблені	Яблука, айва нарізані
Неочищені без насіннєвої камери оброблені	Яблука, айва нарізані
Неочищені із насіннєвою камерою оброблені	Яблука, айва, груші нарізані, груші цілі
Неочищені без насіннєвої камери необроблені	Айва нарізана
Неочищені із насіннєвою камерою необроблені	Яблука, айва нарізані, груші цілі чи нарізані, мушмула ціла, яблука та груші дикорослих сортів цілі чи нарізані

Оброблені плоди – плоди, оброблені сірчистим ангідридом, розчином сірчистої кислоти або бісульфітом натрію.

Сушені насіннячкові плоди виробляють вищого, першого і столового сортів. За фізико-хімічними показниками сушені насіннячкові фрукти повинні відповідати нормам, зазначеним у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Фізико-хімічні показники сушених насіннячкових плодів

Найменування показника	Норма	
Масова частка вологи, % не більше	В напівфабрикаті	В готовому продукті
яблука	19	20
груші	23	24
айва	23	24
мушмула	16	17
груші дикорослих сортів		16
Масова частка сірчастого ангідриду, %, не більше	0,1	

У сушених фруктах насіння не допускаються: мінеральні домішки, які відчуються органолептично; металодомішки та інші сторонні домішки; плоди загнилі, горілі, відходи; комахи – шкідники, їх личинки та лялечки. Також не допускаються ознаки спиртового бродіння та пліснява, видима неозброєним оком.

Масова частка важких металів і миш'яку має перевищувати норм, затверджених МОЗ.

6.2.1. Сушіння яблук та айви

Технологічний процес виробництва сушінних яблук та айви, очищених від шкірки та насінневої камери, передбачає наступні операції: сортування, калібрування, миття, інспектування, очищення, доочищення, різання, сульфитація, сушіння, сортування, фасування (рис. 6.1).

При сушінні плодів, очищених від шкірочки і насінневої камери, плоди попередньо калібрують за трьома розмірами – дрібні до 55 мм; середні 55...75 мм та великі – понад 75 мм, що полегшує очищення машинами. Дрібні яблука сушать у цілому вигляді.

Після калібрування плоди миють у вентиляторній чи роторній мийній машинах та інспектують. Оброблені плоди отрутохімікатами – витримують у 0,5...1 %-ному розчині соляної кислоти та ополіскують.

Очищення від шкірочки і, за необхідності, видалення серцевини, рекомендується проводити на спеціальних машинах. Потім перевіряють і дочищають на конвеєрі. Очищені плоди ріжуть (за потреби) на кружки товщиною 5...7 мм або часточки довжиною не менше 30 мм і товщиною 5 мм.

Для інактивації ферментів, що окислюють поліфеноли плодів з утворенням темнозабарвлених флобафенів, кружки або шматочки плодів занурюють в 0,1...0,2 %-вий розчин сірчистої або лимонної кислот, або обкурюють сірчистим ангідридом 30...40 хв, або ж бланшують парою 10 хв.

Підготовлені плоди розкладають на решітки по 3...5 кг шматочків або кружечків, 10...12 кг половинок або 14...16 кг цілих плодів на 1 м² і сушать. Режим сушіння для яблук на паровій конвеєрній сушарці наведений у таблиці 6.3.

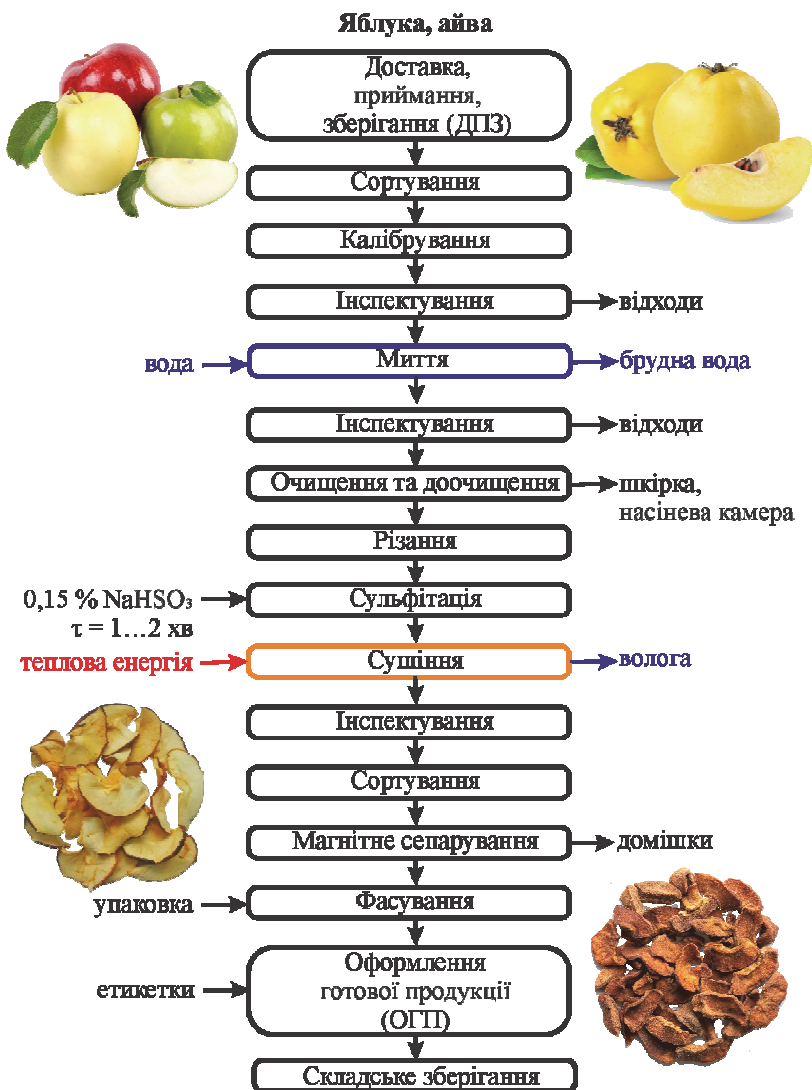


Рис. 6.1. Принципово-технологічна схема виробництва сушених яблук та айви різаних, очищених від шкірочки

Таблиця 6.3

Режими сушіння яблук в паровій конвексній сушарці

Показники	Яблука (кружальця)
Питоме навантаження на стрічку, кг/м ²	7,5
Температура повітря над стрічками, °С	
першої	60...65
другої	60...70
третьої	60...65
четвертої	40...50
Швидкість руху стрічок, м/хв	
першої	0,163
другої	0,105
третьої	0,078
четвертої	0,066
Тривалість сушіння, год	3...3,5
Вміст сухих речовин при сході зі стрічок, %	
першої	25
другої	58
третьої	77
четвертої	80
Відносна вологість відпрацьованого повітря, %	35...45

При сушінні в шафових сушарках на 1 м² сушильної поверхні завантажують 8...5 кг підготовлених плодів, температура повітря на початку сушіння – 80...85 °С, а наприкінці — не вище 60 °С. Тривалість процесу — 5-6 год.

При сушінні в тунельних сушарках плоди після очищення ріжуть на шматочки завтовшки 6...7 мм, сульфитують, витримуючи 2-8 год у камерах обкурювання, де спалюється сірка. Обкурені плоди укладають на сита і встановлюють у вагонетки. Сушіння проводять за режимами, наведеними у таблиці 6.4.

Розроблено також процес сушіння яблук у стадії киплячого шару до вологості трохи більше 10 %.

Сушіння на сонці плодів передбачає попередню підготовку, різання на кружальця, підвялювання 2-3 дні, інспектування та досушування та фасування. Сушіння неочищених яблук та айви триває 8-12 днів, вихід готової продукції 14...19 %; очищених – 3-6 днів, вихід готової продукції – 12...15 %.

Висушені будь-яким способом плоди, охолоджують, просіюють на віброситі, перевіряють, витримують 3-7 днів для вирівнювання вологості та упаковують.

Таблиця 6.4

Режими сушіння яблук в тунельній сушарці

Показники	Яблука (кружальця)
Вологість, %	
початкова	88...89
кінцева	17...18
Навантаження на решітку, кг	15
Температура, °С	
початкова	40...48
кінцева	85...90
Відносна вологість (кінцева), %	11...14
Тривалість сушіння, год	10...15
Вихід готового продукту, %	15,9
Добова продуктивність, т	
по сировині	6,3
по готовому продукту	1,0

У технологічній схемі виробництва сушених яблук з використанням парових конвеєрних сушарок (рис. 6.2.) яблука ковшовим елеватором завантажують на валковий калібрувач, а потім у барабанну мийну машину. Після інспектування на стрічковому транспортері яблука надходять на машину для видалення насінного гнізда, потім на яблукорізку. Нарізані плоди обробляють у ванні розчином бісульфату натрію, на сітчастому транспортері з обробленого продукту стікає надлишковий розчин, після чого підготовлені яблука за допомогою похилого транспортера завантажують у парову конвеєрну сушарку, де сушать за режимами, наведеними в таблиці 6.5; готовий продукт зважують і упаковують.

На цій лінії можна також сушити айву, груші, абрикоси, сливи й інші фрукти, за умови встановлення відповідного устаткування для попередньої підготовки сировини.

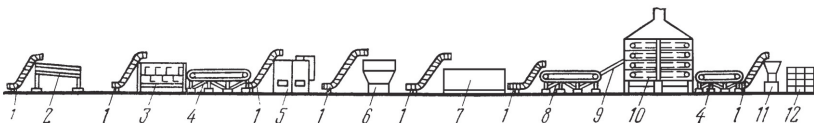


Рис. 6.2. Технологічна схема виробництва сушених яблук та айви із застосуванням парової конвеєрної сушарки:

1 – ковшові елеватори; 2 – валковий калібрувач; 3 – барабанна мийна машина; 4 – стрічковий інспекційний транспортер; 5 – машина для видалення насінного гнізда; 6 – яблукорізка; 7 – ванна; 8 – транспортер сітчастий; 9 – похилий транспортер; 10 – парова конвеєрна сушарка; 11 – ваги; 12 – розфасована продукція

Вимоги до сушених яблук та айви наведено в таблицях 6.5 і 6.6. Хімічний склад сушених яблук та айви залежить від сорту і місця вирощування. У середньому в них міститься 35-45 % цукрів, кислот (у перерахунку на яблучну) 1,5—4,0% . Вміст вологи – не більше 20 %.

Таблиця 6.5

Органолептичні показники сушених яблук

Найменування показника	Характеристика і норма для сортів сушених яблук			
	оброблених		необроблених	
	вищий	перший і столовий	вищий	перший і столовий
Зовнішній вигляд і форма	Цілі плоди або кружки (бічні зрізи, повноцінні по м'якоті), часточки плодів. Сушені фрукти мають бути еластичними, не ламкими, не злипатися при стисканні.			
	Допускається грудкування напівфабрикату, що усувається при незначному механічному впливі			
Смак та запах	Властиві фруктам цього виду, без стороннього смаку та запаху. Легкий запах сірчастого ангідриду в оброблених сушених фруктах не вважається стороннім			
Колір	Від світло-жовтого до світло-кремового	Від світло-жовтого до кремового	Від жовтого до кремового	Від кремового до коричневого

Таблиця 6.6

Органолептичні показники сушеної айви

Найменування показника	Характеристика і норма для сортів сушених яблук			
	оброблених		необроблених	
	вищий	перший і столовий	вищий	перший і столовий
Зовнішній вигляд і форма	Цілі плоди або кружки (бічні зрізи, повноцінні по м'якоті), часточки плодів. Сушені фрукти мають бути еластичними, не ламкими, не злипатися при стисканні.			
	Допускається грудкування напівфабрикату, що усувається при незначному механічному впливі			
Смак та запах	Властиві фруктам цього виду, без стороннього смаку та запаху. Легкий запах сірчистого ангідриду в оброблених сушених фруктах не вважається стороннім.			
Колір	Жовтий	Світло-коричневий	Від світло-жовтого до бурого	

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергоефективні технології та техніка сушіння харчової сировини: навч. посібник / М.І. Погожих, В.О. Потапов, А.О. Пак, М.В. Жеребкін. – Х.: ХДУХТ, 2016.– 234 с.

2. Загальна технологія харчових виробництв [Електронний ресурс]: навч. посібник / А. А. Дубініна, Ю.М. Хацкевич, Т.М. Попова, С.О. Ленерт. Електрон, дані. Х.: ХДУХТ, 2016. 497 с.

3. Льовшина Л.Д. Товарознавство плодоовочевих товарів, пряноароматичних рослин та прянощів: навчальний посібник / Л.Д. Льовшина, В.М. Михайлов, О.В. М'ячиков. Вид. 2-ге К.: Ліра-К, 2016. 388 с.

4. Неміріч, О.В. Наукове обґрунтування та розроблення технологій сушеної харчової продукції та харчових продуктів з її використанням: автореф. дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.18.16 «Технологія харчової продукції» / Олександра Володимирівна Неміріч; НУХТ. Київ, 2019. 46 с.

5. Погожих, М. І., Пак А. О. Енергоефективні способи переробки харчової сировини: сушіння плодово-ягідної сировини: навч. посіб.; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2015. 159 с.

6. Подпрятів Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К.: Аграрна освіта, 2014. 393 с.

7. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів: [закон України: від 22 липня 2014 р. № 1602-VII] // Відомості Верховної Ради України. 2014. N 41-42. С. 2024.

8. Ростовський В.С. Фізико-хімічні основи технологій харчових виробництв: підручник. Київ: Кондор-Видавництво, 2017. 476 с., з іл.

9. Скалецька Л.Ф., Подпрятів Г.І. Біохімічні зміни продукції рослинництва при її зберіганні та переробці: навч. посібник. К.: Видавничий центр НАУ. 2013. 288 с.

10. Теоретичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів / Т.А. Тарасенко, В.В. Євлаш, О.В. Неміріч, та ін. // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. 2015. Т. 17, № 4 (64). С. 146-158.

11. Теоретичні основи харчових технологій : навч. посіб./ за ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. Харків: НТУ «ХП», 2010. 720 с.

12. Технології консервування плодів та овочів [Текст]: підручник/ О.І. Аністратенко, К.В. Калайда, Л.Ю. Матенчук та ін.; за ред. А.Ю.Токар; Уман. нац. ун-т садівництва. Умань: Візаві, 2015. 568 с. ІБВ К 978-966-304-096-7.

14. Технологія зберігання, консервування та переробки плодів і овочів: підручник для здобувачів вищих навчальних закладів / [К.В. Калайда, Л.Ю. Матенчук, В.М. Найченко, А.Ю. Токар, З.М. Харченко, Н.П. Загорко, М.Є. Сердюк, О.П. Прісс, Л.М. Кюрчева, О.І. Сухаренко, О.І. Аністратенко]. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 291 с.

15. Флауменбаум, Б.Л., Безусов А.Т., Сторожук В.М. Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва. Одеса: Друк, 2006. 400 с.

16. Шутюк, В.В. Інженерне моделювання комбінованого сушіння капілярно-пористих продуктів з використання мікрохвильового способу підведення енергії/ В.В. Шутюк, С.М. Василенко, Ю.О. Дашковський// Продовольчі ресурси: зб. наук. пр. НААН України; Ін-т прод. Ресурсів НААН України. Луцьк: СПД Гадяк Ж.В., 2016. № 7. С. 144–152.

17. Шутюк, В.В. Технологія сушіння плодів і овочів [Текст]: лаб. практикум для студ. напряму підготовки 6.051701 «Харчова технологія і інженерія» ден. та заоч. форм навч./ уклад.: В.В. Шутюк, О.С. Бессараб, О.В. Бендерська; Нац. ун-т харч. технол. К. : НУХТ, 2016. 34 с.

18. Acar, C.; Dincer, I.; Mujumdar, A. A Comprehensive Review of Recent Advances in Renewable-Based Drying Technologies for a Sustainable Future. *Drying Technol. Int. J.* 2020, 1–27. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1848858>.

19. *Advances in Food Dehydration*. CRC Press. 2008. 467.

20. Ahmed, I., Qazi, I.M., & Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the Preservation of Fruits and Vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>.

21. Araújo, A.L.; Pena, R.S. Influence of process conditions on the mass transfer of osmotically dehydrated jambolan fruits. *Food Sci. Technol.* 2022, 42, e37520.

22. *Dehydration of Foods (Food Engineering Series)* Softcover reprint of hardcover 1st ed. 1996 Edition by Gustavo V. Barbosa-Cañovas (Author), Humberto Vega-Mercado.

23. *Dehydration TYSK (Questions and Answers)*. Rumi Michael Leigh. 2022. 604 p.

24. *Drying for Fun and Health. Dehydration Methods and Recipes*. Darlen G. Brown, Kenneth L. Brown. 2007. 200 p.

25. Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices. Amalendu Chakraverty, Arun S. Mujumdar, Hosahalli S. Ramaswamy

26. Korobka S. Results of research into technological process of fruit drying in the solar dryer / S. Korobka, M. Babych, R. Krygul, A. Zdobytskyj // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2018. № 1(8). С. 64-73.

Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_1%288%29__9

27. Maurice Greensmith. Practical Dehydration. A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition Book. Second Edition. 206 p.

28. Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation. Applications in Food Industries. Taylor & Francis. 2019. 336

29. Piacentini, R. D.; Novara, I.; Mujumdar, A. S. Climate Change and Pandemic: Challenges for Science and Technology. *Drying Technol. Int. J.* 2020, 38, 1391–1392.

DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1786981>.

30. Samilyk, M., Helikh, A., Bolgova, N., Potapov, V., Sabadash, S. (2020). The application of osmotic dehydration in the technology of producing candied root vegetables. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11(105)), 13–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.204664>

31. The Complete Technology Book on Processing, Dehydration, Canning, Preservation of Fruits & Vegetables (Processed Food Industries) 4th Revised Edition NIIR PROJECT CONSULTANCY SERVICES. 2019. 608 p.

32. Tiwari, R.B. Application of osmo-air dehydration for processing of tropical fruits in rural areas. *Indian Food Industry*, 2005. 24(6), 62–69.

33. Ying, D., Sanguansri, L., Cheng, L., & Augustin, M.A. Nutrient-Dense Shelf-Stable Vegetable Powders and Extruded Snacks Made from Carrots and Broccoli. *Foods*, 2021. 10(10), 2298. <https://doi.org/10.3390/foods10102298>