

Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв

Підручник
за редакцією О. Т. Лісовенка



НАУКОВА ДУМКА
2000

Зміст

Передмова	7
РОЗДІЛ 1. Процеси і схеми хлібопекарського та макаронного виробництв (О.Т.Лисовенко)	8
Глава 1. Технологічні і робочі процеси. Властивості сировини, напівфабрикатів і готових виробів	8
1.1. Процеси, що відбуваються в робочих камерах технологічного обладнання	8
1.2. Властивості сировини, напівфабрикатів і готових виробів хлібопекарського виробництва	9
1.3. Класифікація обладнання	10
Глава 2. Машинно-апаратурні схеми виробництва хлібобулочних та макаронних виробів	12
2.1. Машинно-апаратурна схема виробництва хліба пшеничного подового	12
2.2. Машинно-апаратурна схема виробництва хліба формового	13
2.3. Машинно-апаратурна схема виготовлення макаронних виробів	14
2.4. Машинно-апаратурне обладнання міні-пекарні	15
РОЗДІЛ 2. Обладнання для здійснення підготовчих операцій	17
Глава 3. Обладнання для зберігання та підготовки борошна до виробництва (О.А.Руденко-Грицюк)	17
3.1. Обладнання складів для тарного зберігання та транспортування борошна	17
3.2. Машинно-апаратурні схеми внутрішньозаводського транспортування борошна	18
3.3. Місткості для зберігання борошна	22
3.4. Приймальні пристрої та обладнання для внутрішньозаводського транспортування борошна аерозольтранспортом	27
3.5. Обладнання для механічного транспортування борошна розсипом	33
3.6. Обладнання для підготовки борошна до виробництва	35
Глава 4. Обладнання для дозування сировини і напівфабрикатів (О.А.Руденко-Грицюк, О.Т.Лисовенко)	43
4.1. Призначення та класифікація обладнання для дозування	43
4.2. Дозатори сипких матеріалів	44
4.2.1. Дозатори об'ємного типу для сипких матеріалів	44
4.2.2. Дозатори вагового типу для сипких матеріалів	46
4.3. Дозатори рідких компонентів	49
4.3.1. Дозатори об'ємного типу для рідких компонентів	50
4.3.2. Дозатори вагового типу для рідких компонентів	55
4.4. Дозатори густих (структурованих) мас	56
4.4.1. Дозатори об'ємного типу для густих мас	57
4.4.2. Дозатори вагового типу для густих мас	58
4.5. Основи розрахунку дозаторів	58
РОЗДІЛ 3. Технологічне обладнання хлібопекарських підприємств	67
Глава 5. Обладнання для замісу опари і тіста (О.Т.Лисовенко, І.О.Лисовенко)	67
5.1. Призначення та класифікація тістомісильних машин	67
5.2. Процеси, що відбуваються в робочих камерах тістомісильних машин	68
5.3. Аналіз процесу замішування	69
5.4. Моделювання процесу замішування та обґрунтування його раціональних параметрів	71
5.5. Інтенсифікація процесу замішування	72
5.6. Функціональні схеми тістомісильних машин періодичної дії з підкатними діжами	75
5.7. Функціональні схеми тістомісильних машин періодичної дії зі стаціонарними діжами	77
5.8. Функціональні схеми тістомісильних машин безперервної дії	78

5.9. Будова та принцип дії тістомісильних машин періодичної дії	81
5.10. Будова та принцип дії тістомісильних машин безперервної дії	87
5.11. Основи розрахунку тістомісильних машин	92
Глава 6. Обладнання для бродіння опари та тіста (<i>О.Т.Лісовенко</i>)	97
6.1. Призначення і класифікація обладнання для бродіння	97
6.2. Процеси, що відбуваються в бродильних місткостях при визріванні опари та тіста	97
6.3. Будова та принцип дії тістоготувальних агрегатів	100
Глава 7. Обладнання для поділу тістових заготовок (<i>О.Т.Лісовенко, І.В.Зірніс</i>)	110
7.1. Призначення та класифікація тістоподільних машин	110
7.2. Процеси, що відбуваються в робочих камерах тістоподільних машин	111
7.3. Обґрунтування раціональних параметрів робочого процесу	113
7.4. Визначення точності роботи тістоподільних машин	114
7.5. Функціональні схеми сучасних тістоподільних машин	118
7.6. Будова та принцип роботи тістоподільних машин	121
7.7. Аналіз робочого процесу тістоподільних машин	133
7.8. Основи розрахунку тістоподільних машин	137
Глава 8. Обладнання для формування тістових заготовок (<i>О.Т.Лісовенко</i>)	145
8.1. Призначення та класифікація тістоформувальних машин	145
8.2. Основи теорії формування тістових заготовок	147
8.3. Будова і принцип дії тістоокруглювальних машин	150
8.4. Будова і принцип дії тістозакатних машин	153
Глава 9. Обладнання для вистоювання тістових заготовок (<i>І.М.Литовченко, О.Т.Лісовенко</i>)	156
9.1. Призначення та класифікація обладнання для вистоювання	156
9.2. Конвеєрні шафи для остаточного вистоювання	157
9.3. Спеціальні шафи вистою	161
9.4. Елементи розрахунку конвеєрних шаф вистою	164
9.5. Механізми для укладання тістових заготовок у шафу вистою	165
Глава 10. Обладнання для гіротермічної і теплової обробки тістових напівфабрикатів (<i>О.Т.Лісовенко, А.Г.Котенко</i>)	168
10.1. Призначення і класифікація хлібопекарських печей	168
10.2. Основи теорії випікання	171
10.3. Будова, схеми обігріву та теплові режими сучасних хлібопекарських печей	174
10.4. Перспективні конструкції хлібопекарських печей	183
10.5. Основи розрахунку хлібопекарських печей	189
РОЗДІЛ 4. Обладнання для виробництва спеціальних сортів хлібних виробів	194
Глава 11. Обладнання для виробництва бубличних виробів (<i>С.Д.Дудко</i>)	194
11.1. Приготування, механічна обробка та відлежування тіста	194
11.2. Поділ та формування тіста	196
11.3. Обладнання для гіротермічної обробки і випікання бубличних виробів	198
Глава 12. Обладнання для виробництва сухарів та соломки (<i>О.В.Ковальов</i>)	201
12.1. Машинно-апаратурна схема виробництва сухарів	201
12.2. Машина для формування сухарних плит	202
12.3. Машина для різання сухарних плит і хліба	205
12.4. Машина для розкладання сухарних скибок	208
12.5. Обладнання для виробництва соломки	209
Глава 13. Обладнання для виробництва пряників (<i>С.І.Сидоренко</i>)	211
13.1. Загальна характеристика і машинно-апаратурні схеми виробництва пряників	211
13.2. Обладнання для формування пряників та печива	213

13.3. Машини для глазурування пряників	218
13.4. Обладнання для сушіння та вистоювання пряників	219
13.5. Лінія виробництва пряників А2-ШПЛ	220
13.6. Комплексно-механізована лінія марки ЛО2-ХИМ для виробництва пряників з начинкою	220

РОЗДІЛ 5. Технологічне обладнання макаронних виробництв
(М.Є.Чернов, І.М.Литовченко)..... 222

Г л а в а 14. Обладнання для приготування тіста і формування макаронних виробів	222
14.1. Робочі процеси в технологічному обладнанні	222
14.2. Функціональні схеми макаронних пресів	223
14.3. Класифікація тістоготувальних частин преса	224
14.3.1. Обладнання для попереднього змішування компонентів макаронного тіста	225
14.3.2. Обладнання для механічної проробки макаронного тіста	227
14.4. Пресування макаронного тіста	228
14.5. Матриці	229
14.5.1. Матриці без вкладишів	230
14.5.2. Матриці з вкладишами	230
14.6. Обладнання для різання макаронних виробів	231
14.6.1. Механізми для різання коротких виробів	231
14.6.2. Механізми для різання та розкладання довгих макаронних виробів (саморозвішувачі)	232
14.7. Допоміжні пристрої макаронних пресів	234
14.8. Будова та експлуатація макаронних пресів	235
14.9. Основи розрахунку тістозмішувачів та шнекових пресів	241
Г л а в а 15. Обладнання для сушіння макаронних виробів	246
15.1. Призначення та класифікація обладнання для сушіння макаронних виробів	246
15.2. Шафові сушарки	248
15.3. Механізовані тунельні сушарки	250
15.4. Барабанна сушарка фірми “Брайбанті”	256
15.5. Обладнання для високотемпературного сушіння макаронних виробів	257
Г л а в а 16. Механізовані сховища та експедиції хлібопекарських і макаронних підприємств (О.В.Ковальов)	259
16.1. Схеми механізованих хлібосховищ та експедицій	259
16.2. Схеми механізованих складів готової продукції макаронних фабрик	265
16.3. Хлібоукладальні агрегати. Конструкції та механізми для укладання хліба та батонів	267
16.4. Обладнання для охолодження, заморожування, стабілізації та вистійки продукції	271
Додатки	272
Список літератури	279
Предметний показчик	280

ПЕРЕДМОВА

Серед харчових виробництв хлібозаводи та пекарні є найбільш масовими. Досить сказати, що в Україні немає такого міста, де б не було кількох хлібозаводів або пекарень, а у великих містах працюють більше ніж по десять хлібозаводів. Хліб — основний продукт харчування. Асортимент хлібобулочних виробів в Україні перевищує 300 найменувань, основна частина з них виробляється по класичній технології, яка базується на процесі бродіння: зброджування борошняного субстрату з допомогою дріжджів. Процес тістоприготування досить тривалий (від 2 до 5 год). Як правило, основні технологічні процеси хлібопекарського виробництва механізовані і для їх нормального функціонування на хлібозаводі потрібно мати інженера-механіка, котрий повинен забезпечити кваліфіковану експлуатацію і ремонт обладнання.

Всього в системі Укрхлібпрому в 1995 р. експлуатувалося близько 270 хлібозаводів і 400 пекарень. На них працювало більше 28 тис. робітників, в тому числі 4 тис. вантажників. Майже половина підприємств потребує капітального ремонту та заміни фізично і морально застарілого обладнання. Крім того, в різних системах працює більше 5 тис. малих кооперативних і фермерських підприємств.

1990-ті роки — це роки становлення і незалежної хлібопекарської промисловості України. Необхідно враховувати передовий досвід європейських і американських країн, які мають значну відмінність і специфіку в обладнанні, технології та структурі виробництв.

Підручник розрахований на підготовку високоосвічених фахівців, озброєних сучасними знаннями фундаментальних, загальноінженерних і спеціальних дисциплін. В ньому представлені теоретичні основи процесів, які відбуваються в робочих камерах технологічного обладнання, і на їх базі проводяться розрахунки та аналіз роботи технологічних машин та апаратів різних конструкцій. Широко висвітлюється досвід конструювання хлібопекарського обладнання передовими зарубіжними країнами і країнами СНГ.

У розрахунках використані математичні моделі, значна частина яких виконана нашою науковою школою на кафедрі “Машини і апарати хлібопекарського, макаронного та кондитерського виробництва” Київського технологічного інституту харчової промисловості (КТІХП), нині Українського державного університету харчових технологій (УДУХТ).

Цей підручник написаний на базі 40-річного досвіду викладання курсу “Технологічне обладнання хлібопекарських та макаронних виробництв” на зазначеній кафедрі та створений у 1993 р. кафедрою “Обладнання та будівництва підприємств хлібопродуктів”.

Підручник підготували викладачі кафедри під редакцією академіка Академії інженерних наук України О.Т. Лісовенка.

Авторський колектив висловлює сердечну подяку всім підприємствам і окремим спонсорам, які взяли участь у фінансуванні видання цього підручника.

Розділ 1

ПРОЦЕСИ І СХЕМИ ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ТА МАКАРОННОГО ВИРОБНИЦТВ

Глава 1

ТЕХНОЛОГІЧНІ І РОБОЧІ ПРОЦЕСИ. ВЛАСТИВОСТІ СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ І ГОТОВИХ ВИРОБІВ

1.1. Процеси, що відбуваються в робочих камерах технологічного обладнання

Сучасне технологічне обладнання для машинної обробки сировини і напівфабрикатів має забезпечити в робочих камерах машин найсприятливіші і найекономічніші процеси, що супроводжуються мінімальними витратами сировини та збереженням її поживної цінності і високою якістю готових виробів.

У робочих камерах машини під дією робочих органів виконується цілий ряд процесів: механічних, хімічних, мікробіологічних, гідродинамічних, теплових, масообмінних та інших. Ця сукупність процесів, що відбуваються в робочих камерах технологічного обладнання за час знаходження в них маси, що обробляється, називається робочим процесом. На хлібопекарському виробництві це: змішування, заміс тіста, поділ тіста, його формування, вистоявання, випікання тощо.

Хлібопекарське виробництво базується на технології бродіння борошняного тіста. Технологічний процес бродіння — це досить складний процес, що відбувається з тістом під дією таких мікроорганізмів, як дріжджі, молочнокислі бактерії та інші, і різних ферментів. Оптимальна температура процесу 28—32 °С, а тривалість — від 3 до 5 год.

Серед виробів з борошна на хлібозаводах виробляють хлібні і булочні вироби, баранки, бублики, пряники, соломку, хлібні палички, а також вироби з нерозпушеного тіста: макарони, вермішель, локшину та інші. Перша група виробів — це завершені товарні вироби, а друга — товарні напівфабрикати.

Виробництво хлібобулочних виробів передбачає виконання таких процесів і операцій.

1. Підготовка сировини до виробництва: зберігання, змішування, аерація, просіювання, підготовка та дозування води, розчинів солі, цукру, дріжджової емульсії, їх темперування, миття і очищення різних добавок і спецій. Основна сировина — борошно — витримується на заводі не менше 7 діб.

2. Замішування та бродіння опари і тіста. Замішування тіста виконується протягом 1—20 хв при 28—30 °С, бродіння опари — 2—4 год, тіста — 1—2 год при тій же температурі. Густина тіста змінюється від 1200 до 500 кг/м³ в кінці бродіння.

3. Поділ тіста на шматки однакової маси виконується з допомогою тістоподільних машин, в яких тісто багаторазово обминається і стискається до 0,05—0,02 МПа.

4. Формування заготовок — оброблення шматків тіста з метою надання їм характерної форми, ущільнення поверхневого шару заготовки з метою підвищення її газо- і формоутримання. При формуванні тістовій заготовці надають кулевидну, циліндричну або сигароподібну форму.

5. Вистоювання. Витримування тістових заготовок після формування в камерах вистою протягом 20—50 хв. при температурі 30—34 °С і відносній вологості повітря 60—75 %. Після вистоювання заготовки можна надрізати і завантажувати у печі.

6. Гігротермічна обробка і випікання. Перша виконується протягом 2—3 хв у середовищі водяної пари при 100—160 °С і відносній вологості 70—85 %. Випікання відбувається при змінному температурному режимі у печі від 250 до 150 °С протягом 10—60 хв при зниженій вологості повітряного середовища. Різні вироби потребують дотримання спеціальних режимів випікання, гігротермічної і теплової обробки.

7. Охолодження, вибраковування та зберігання виробів. Виконуються в охолоджувальних відділеннях та експедиціях хлібозаводів, де випечені вироби охолоджуються до кімнатної температури протягом 1—2 год. В цих приміщеннях повинен вміщуватися восьмигодинний запас продукції.

При виготовленні макаронних виробів мають місце такі процеси і операції.

1. Підготування сировини до виробництва: збереження, змішування, аерація, просіювання і дозування борошна, підготування води, яєць, меланжу, добавок, емульсії.

2. Змішування компонентів. Виконується в багатокорпусних тістозмішувальних машинах з вакуумуванням на кінцевій стадії змішування. Вологість макаронного тіста становить 28—31 %, тривалість замішування 25—30 хв. Кінцева температура замішування перед пресуванням не вища за 55 °С.

3. Пресування і формування. Виконується за допомогою шнекових пресів через отвори в матрицях під тиском 6—12 МПа. Відформовані вироби розрізають на окремі частини встановленої довжини.

4. Сушіння макаронних виробів. Це завершувальна технологічна операція, вона найтриваліша і значною мірою залежить від асортименту виробів та системи обладнання і триває до 10 год.

5. Пакування. Короткі макаронні вироби пакують насипом, а довгі після охолодження обрізають під розмір і подають до накопичувачів і фасувальних автоматів, де укладають в пачки, які пакують в ящики або короби.

6. Складування. Виконують на спеціальних піддонах, які розміщують на складі і комплектують до відправки. Існує система безпіддонного складування у пакунки з обв'язкою або пакування за допомогою плівок.

1.2. Властивості сировини, напівфабрикатів і готових виробів хлібопекарського виробництва

До основної сировини на цих виробництвах відносять: борошно різних сортів, дріжджі, сіль та воду. Допоміжною сировиною вважають все інше: молоко, сироватку, цукор, жир, меланж, спеції.

Борошно буває різних сортів з пшениці (ГОСТ 26574—85) та жита (ГОСТ 7045—54). Вологість борошна може становити 12—14 %, насипна маса 600 кг/м³. Найбільш важливими показниками вважають хлібопекарські властивості борошна, які суттєво впливають на якість готових виробів.

Вода використовується питної якості у відповідності з ГОСТ 2874—82. Вона повинна братися з джерел або водопроводу, на які є офіційний дозвіл відповідної санінспекції. Вода має бути прозорою, без побічних запахів і присмаків, при відстоюванні не давати осаду. Жорсткість води обумовлюється сумою іонів Ca²⁺ і Mg²⁺, вона не повинна перевищувати 7 мг-екв/л, рН 6,5—9,0.

Сіль використовується кухонна харчова згідно ГОСТ 13830—84. Зберігається сухою в дерев'яних відсіках або в розчині. Подається на виробництво у вигляді насиченого відфільтрованого розчину густиною 1220 кг/м³.

Цукор: використовується цукор-пісок по ГОСТ М—78. На виробництві може зберігатися в мішкотарі або в спеціалізованих безтарних сховищах з попереднім підсушуванням та відокремленням порошку. На виробництві можна зберігати цукор у вигляді розчину з добавкою солі як антикристалізатора та консерванта.

Вологість цукру-піску — 0,15 %, рафінаду — 0,10 %. При зберіганні цукру в розчині концентрація його становить 1260 кг/м³.

Дріжджі можуть використовуватись пресовані по ГОСТ 171—81, дріжджеве молоко по ОСТ 18-369—84 та сухі дріжджі по ОСТ 18-193—74. Зберігають пресовані дріжджі в холодильнику при температурі 0—10 °С протягом 12 діб при вологості 75 %.

Яйцепродукти. Використовуються яйця курячі згідно ГОСТ 27583—88, меланж і яєчний порошок. Вважають, що на 1 кг приходить 25 яєць.

Рідка опара — напівфабрикат з пшеничного або житнього борошна, використовується при виробництві житнього або пшеничного тіста, готується з 50—30 % борошна, рідких і пресованих дріжджів, кінцева кислотність 5—9 град.

Опара — напівфабрикат при двофазному тістоприготуванні, вона готується з борошна, води, дріжджів з використанням до 50 % борошна по рецептурі. Загальна вологість опари 41—45 %, температура 25—29 °С. Кінцева кислотність залежить від сорту борошна і становить 3—7,5 град.

Тісто — кінцева стадія напівфабрикатів при двофазному процесі. В разі однофазного тістоведення тісто замішується з використанням всього докладу по рецептурі. Після замісу воно бродить від 30 до 150 хв при температурі 29—30 °С. Його об'ємна маса змінюється при бродінні від 1,05 до 0,60 кг/дм³.

Хліб — готовий виріб, не потребує ніяких характеристик, його вживають всі люди, він вважається основним продуктом харчування.

Макарони — напівфабрикати, найрозповсюдженіші серед харчових продуктів, виготовлених із борошна. Найважливіші властивості — здатність добре зберігатися в кімнатних умовах протягом місяця і більше, висока калорійність, коротка тривалість приготування, привабливий вигляд і смак.

1.3. Класифікація обладнання

Хлібопекарське і макаронне виробництва мають однакову сировину і ряд схожих процесів: підготування сировини до виробництва, змішування і формування тіста, теплова та гіротермічна обробка напівфабрикатів. Тому і обладнання цих виробництв має багато спільного.

Все обладнання в залежності від призначення розділяють на технологічне, транспортне, енергетичне, сантехнічне і допоміжне. Даний підручник присвячений технологічному та деякому транспортному обладнанню, органічно пов'язаному з технологічним.

Технологічне обладнання розділяють на такі групи.

1. Для зберігання та підготування сировини до виробництва. До нього належить обладнання складів безтарного зберігання борошна та підготовки його до виробництва, обладнання для зберігання і підготування до виробництва цукру, солі, рослинної олії, молока, молочної сироватки, дріжджів, а також для активації дріжджів, приготування емульсій та водно-борошневих поживних сумішей.

2. Для дозування і темперування сировини та напівфабрикатів. Це обладнання розподіляють на три основні групи: дозатори для сипких матеріалів (борошна), рідин (води, розчинів цукру і солі, дріжджів), пластично-в'язких речовин (опар, заквасок). Воно забезпечує дотримання рецептур і технологічних режимів, рівномірного завантаження устаткування та рівномірну якість виготовлюваних виробів.

3. Для замішування опари і тіста: тістомісильні машини, які використовують на хлібозаводах для приготування опари, тіста, квасів та іншого, а також тістозмішувачі для макаронного виробництва.

4. Для бродіння опари і тіста.

5. Для поділу тіста на окремі заготовки. Це так звані тістоподільні машини, за допомогою яких тістова маса ділиться на заготовки встановленої маси.

6. Для формування тістових заготовок. До нього належать машини, в яких кускам тіста надається куляста, сигароподібна або інша специфічна форма. Вони називаються тістоокруглювальними і тістозакочуючими. В бубличному виробництві використовуються подільно-закатні машини.

7. Для вистоювання та посадки тістових заготовок. Це група машин для попереднього та остаточного вистоювання (вистійні шафи або конвеєри) і пристосування для механічного завантаження і розвантаження заготовок із кошиків вистійної шафи.

8. Для гіротермічної і теплової обробки тістових заготовок і напівфабрикатів: сушарки та хлібопекарські печі, в яких тістовим заготовкам надаються кінцева товарна форма та гатунк готових виробів.

9. Для охолодження, пакування та затарювання готових виробів.

10. Обладнання експедицій та сховищ: машини, призначені для підготовки, маркування, формування транспортних партій виробів, їх зберігання та відправки споживачам.

11. Для виробництва спеціальних борошняних виробів: пряників, бубликів, сухарів, соломки тощо.

Кожна група машин поділяється на підгрупи за принципом дії, за функціональними та конструктивними особливостями, які буде розглянуто нижче у відповідних розділах.