

# Безпечність харчових продуктів у пакувальних машинах

О.М. Гавва, д.т.н., О.О. Кохан, к.т.н., Л.В. Марцинкевич, І.В. Голоперов, к.т.н., НУХТ, м.Київ

*Пакування харчової продукції — це здебільшого фінішні операції технологічного процесу виробництва. А тому, якщо продукція виготовлена з якісної сировини з дотриманням усіх технологічних і санітарно-гігієнічних регламентів, то під час пакування потрібно виконувати комплекс заходів із дотримання умов забезпечення безпечності продукції як під час пакування, так і під час складування, транспортування, реалізації та споживання.*

## Види псування продуктів

Умова безпечності продукції харчових виробництв характеризується її псуванням. Тобто якщо продукція псується, то можна говорити про ступінь її небезпечності [1]. Псування — це причина виникнення проблем харчової безпеки, коли продукт стає непридатним до споживання [2; 3].

Процеси, що призводять до псування харчових продуктів, можуть бути класифіковані за такими видами: фізичні, хімічні та мікробіологічні. Між ними існує деяка кореляція. Загалом псування, спричинене дією одного виду процесу, може спонукати розвиток псування іншого виду [3].

Встановлено декілька основних факторів, які визначають більшість видів псування: температура, рН, активність води  $\alpha_w$ , дія кисню і світла, наявність у харчовому продукті тих чи інших харчових речовин або продуктів їх деградації та небезпечних речовин [2].

## Фізичне псування

Псування від фізичних процесів відбувається в результаті структурних змін або структурної нестабільності харчових продуктів. До нього зараховують і механічне пошкодження (подрібнення, забиття) [4] під час переміщення продукції транспортними системами, у дозаторах, під час перевантажувальних операцій, реалізації тощо. У місцях забиття може розвиватися ферментативне потемніння, відбуватися втрата вологи тощо. Забиття також сприяє розмноженню мікроорганізмів. Поломка крихких виробів призводить до некондиційності продукції. Мінімізувати цей вид псування можна за рахунок правильно спроектованих транспортних і накопичувальних систем, упаковки, вибору схеми виконання логістичних операцій.

Іншими змінами фізичної природи є міграція вологи в харчовому продукті або масообмін його компонентів. Найпоширенішим випадком псування харчових продуктів є зміна вмісту вологи (збільшення, зменшення або міграція). Як правило, це призводить до некондиційності продукту, що спричиняє інші проблеми, пов'язані з мікробіологічними та хімічними процесами [4].

Суттєвий вплив на термін зберігання харчових продуктів може мати зміна температури склування, що впливає на міграцію вологи в харчовому продукті. Температурою склування є температура, за якої «склоподібний», крихкий стан продукту змінюється на «гумоподібний», м'який. Для сипких продуктів наслідком склування є комкування.

Втрата вологи може бути проблемою для продуктів глибокого заморожування, які втрачають воду, тому що вологість у навколишньому середовищі за температури  $-20...-40$  °С менша, ніж 100 %.

До інших змін фізичної природи у харчових продуктах можна зарахувати формування кристалів. Ріст кристалів льоду в заморожених продуктах приводить до виникнення зернистої структури. Утворення кристалів льоду за межами клітин відбувається найчастіше в харчових продуктах, які заморожуються повільно або повторно. Утворення кристалів у структурі продукту може викликати пошкодження клітин, що призводить до активізації ферментативних реакцій.

Подібним чином у деяких харчових продуктах відбувається і кристалізація цукрози. Вважають, що кристалізаційний цукор є одним із факторів псування цукрових кондитерських виробів та утворення «зерен» у цукерках та морозиві.



Ще одним типом кристалізації є міграція й рекристалізація жиру. Причиною цього виду псування харчових продуктів може бути руйнування емульсії.

## Хімічне псування

Причиною псування харчових продуктів від хімічних процесів є хімічні реакції або реакції деградації їх компонентів: білків (протеїнів), жирів (ліпідів) та вуглеводів [2]. Швидкість цих хімічних реакцій залежить від багатьох факторів: активності води, температури зберігання та склування, рН, освітлення та наявності кисню. Кожна реакція відбувається за певних оптимальних для неї умов. Наприклад, ферментативна активність значно менша в продуктах із низькою активністю води, особливо коли  $\alpha_w$  нижча від рівня вологи мономолекулярного шару. Продукти хімічних реакцій впливають на колір, смак, аромат та/або текстуру харчового продукту.

Розщеплення білків включає реакції між білками та іншими харчовими інгредієнтами, а також сприяє зростанню ферментативної властивості. Білкова природа молекул ферментів є причиною каталітичної активності, що значно пришвидшує хімічні



реакції [1]. Крім цього, білки можуть окиснюватися. За наявності доступного кисню міоглобін та оксиміоглобін м'яса окиснюється й перетворюється в метміоглобін. Колір м'яса при цьому змінюється від червоного до коричневого [1].

Активність ферментів у фруктах та овочах викликає потемніння та розм'якшення тканини. Неферментативне потемніння – це процес між білками (аміногрупами білків) і редукованими цукринами. Цей процес рідко відбувається при низьких значеннях рН. Каталізаторами є також іони металів: мідь, залізо.

До хімічних реакцій, що призводять до деградації вуглеводів, входять реакції клейстеризації/ретроградації й потемніння. Ретроградація крохмалів – це процес перекристалізації, або утворення вторинних асоціатів. Причиною ретроградації є заморожування крохмалів, міграція вологи, як у випадку черствіння хлібобулочних виробів.

Причиною псування жирів найчастіше є реакція окиснення під дією ліполітичних ферментів, або ферментативний гідроліз. Для мінімізації окиснення ліпідів потрібно вжити всіх заходів для запобігання контакту харчового продукту з киснем та використовувати належну упаковку, яка буде бар'єром для його проникнення [3]. Одним із факторів, що впливають на швидкість окиснення, є кількість і розташування з'єднаних зв'язків у жирних кислотах. Крім цього, важ-

ливо також враховувати дію світла й тепла, тому що вони активують процеси окиснення. На швидкість і повноту процесу окиснення можуть впливати мікроелементи, наявні в продукті. Для запобігання окисненню в харчові продукти інколи додають антиоксиданти.

Одним із механізмів розщеплення жирів є гідролітичне згіркнення в результаті хімічних реакцій або під дією ліполітичних ферментів. Ці реакції відбуваються за участі води з утворенням вільних жирних кислот, що обумовлює зниження рівня смаку та аромату.

### Мікробіологічне псування

Поряд із фізичними й хімічними процесами причиною псування харчових продуктів є діяльність мікроорганізмів. Росту більшості мікроорганізмів можна запобігти шляхом контролю їх початкового вмісту, контролю температури зберігання, зниження активності води та рН, застосування консервантів, відповідної упаковки й технології пакування. Водночас не всі мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності є небажаними. Так, деякі з них корисні та використовуються в технологіях під час виробництва пива, сиру, вина, м'ясопродуктів тощо.

Небажані мікроорганізми потрапляють у харчовий продукт на будь-якій стадії технологічного процесу: підготовка сировини, виробництво продукції, пакування, зберігання, реалізація.

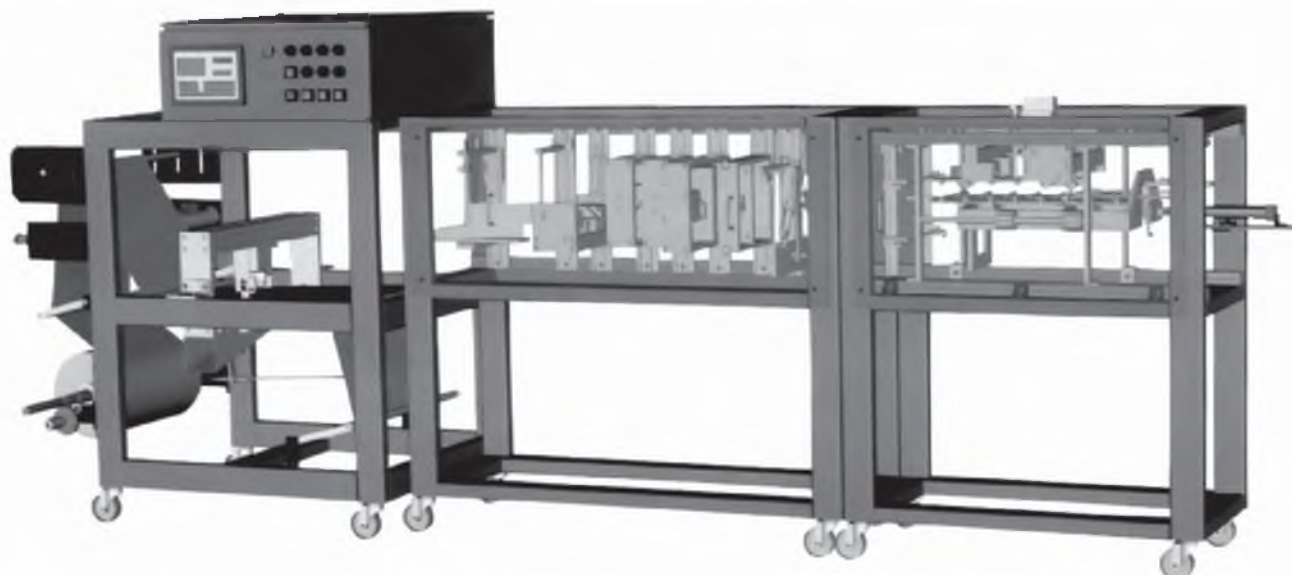
Відповідно до EN ISO 14159 (Вимоги гігієни до проектування пакувальних машин), усі продукти умовно поділяються на дві групи [5]:

- мікробіологічно сприятливі;
- мікробіологічно несприятливі.

У мікробіологічно несприятливих продуктах мікроорганізми не можуть рости, хоча і мають таку здатність.

Підготовка продукту до пакування повинна бути такою, щоб концентрація наявних у продукті мікроорганізмів не перевищувала тих меж, які загрожують якості продукту. Для таких продуктів пакувальна машина не повинна містити вологу (в тому числі конденсат), яка може залишитися після чищення або дезінфекції обладнання. Навіть якщо вода дистильована, її проникнення в продукт може сприяти росту мікроорганізмів [6].

Для мікробіологічно сприятливих продуктів бажаний термін придатності отримується термообробленням пакованого продукту або відповідними умовами зберігання. Будь-які мікроорганізми, наявні в мікробіологічно сприятливих продуктах, будуть розмножуватися. Для цієї групи продуктів потрібний повний контроль за часом їх перебування в пакувальному обладнанні. Необхідно використовувати нижчі температури та триваліші процеси пакування, що можуть відбуватися в проміжках між очищувальними процедурами. Якщо пакується охолоджений продукт, то має бути чітко дотримане його неперегрівання в будь-яких частинах обладнання,



Таблиця 1.

## Класифікація пакувальних машин за рівнем гігієни

Рівень гігієни	Характеристика пакувальної машини
I	Частково відповідає вимогам стандарту, може з ідентифікованим ризиком виробляти безпечний продукт
II	Повністю відповідає вимогам стандарту, але потребує запланованого розбирання для очищення
III	Повністю відповідає вимогам стандарту й може бути очищене без розбирання
IV	Повністю відповідає вимогам стандарту та призначене для очищення від шкідливих мікроорганізмів шляхом застосування певного тепла, хімічного або фізичного оброблення
V	Повністю відповідає вимогам стандарту, запобігає мікробному входу та призначене для очищення машини від шкідливих мікроорганізмів шляхом застосування певного тепла, хімічного або фізичного оброблення

особливо під час зупинок виробництва. Якщо сумарний час зупинок перевищує дозволений (залежно від продукту), обладнання має бути очищене та продезінфіковане перед наступним пуском у роботу.

Таким чином, безпечність харчової продукції під час її пакування в споживчу тару залежить від багатьох чинників [7]:

- безпечність продуктів, що надходять у пакувальну машину;
- дія механічних, фізичних, хімічних та мікробіологічних факторів на продукцію в пакувальній машині;
- безпечність тари, пакувальних матеріалів і допоміжних пакувальних засобів, що надходять у пакувальну машину;
- дія механічних, фізичних та хімічних факторів на тару й пакувальні матеріали в пакувальній машині;
- взаємодія продукції з пакувальним матеріалом, упаковкою;
- дія механічних і фізичних факторів на пакувальну одиницю в пакувальній машині.

### Вимоги стандартів із безпечності

Для забезпечення безпечності харчових продуктів у пакувальних машинах розроблено міжнародні стандарти із санітарії, що є джерелом гігієнічних критеріїв обладнання, яке працює з харчовими продуктами. На основі цих стандартів здійснюється сертифікація проектування обладнання для харчових виробництв.

Так, основні гігієнічні вимоги, відповідно до EN 1672-2 «Обладнання для харчової

промисловості, вимоги безпеки та гігієни. Основні поняття», можна звести до таких пунктів [7]:

- матеріали, що контактують із харчовими продуктами, мають бути стійкими до коливання температур, корозії, стирання і легко очищуватися;
- поверхні контакту з продукцією повинні бути достатньо гладкими, що сприяє швидкому та ефективному прибиранню; фактура грубих, первісно нерівних поверхонь із часом погіршується, що ускладнює чищення та створює ризики забруднення продукту;
- шви зварних з'єднань мають бути рівними й гладкими; фланцеві з'єднання потрібно ретельно ущільнювати не тільки від протікання, а й від проникнення мікроорганізмів;
- кріплення мають бути такого виду й конструкції, щоб уникнути в місцях контакту з продуктом голо-

вок болтів, гайок, заклепок, а також «пазух», застійних зон тощо;

- усі труби, порожнини мають бути самодренажними, щоб унеможливити під час зупинки обладнання наявність залишків продукції або засобів чищення, що може стати джерелом розмноження мікроорганізмів або просто причиною забруднення продукції;
- усі внутрішні місця переходу поверхонь, кутки порожнин тощо повинні бути плавними, із досить великими радіусами для полегшення процесу чищення;
- потрібно уникати «мертвих зон» як під час проектування, так і монтажу обладнання;
- підшипники повинні бути по можливості поза продуктовою зоною, щоб уникнути забруднення продукції мастильними матеріалами або елементами їх спрацювання, руйнування тощо; якщо підшипники все ж розташовані в продуктивній зоні, вони повинні бути такого типу, щоб змащуватися самою продукцією, а якщо і це неможливо, то мастильний матеріал повинен бути їстівним та не шкідливим для здоров'я; ущільнення вихідних кінців валів мають бути такого типу та змонтовані таким чином, щоб їх можна було легко очистити, замінити тощо;
- інструменти й робочі органи повинні бути виконані з відповідних матеріалів (як і елементи поверхонь машин), і користуватися ними потрібно з дотриманням гігієнічних норм;
- дверцята, покриття, панелі потрібно проектувати так,

