



ТОВ Фірма
КРІОГЕНСЕРВІС

Україна, 08141, с. Петрівське,
вул. Київська, 29К, Київська обл.

Тел. +38 (044) 496-30-70
Факс: +38 (044) 496-30-71

E-mail: info@cryogen.com.ua
www.cryogen.com.ua

Принципи та використання упаковки харчових продуктів у модифікованій атмосфері

За редакцією Б. А. Блекистоун
переклад з англійської



Розділ 10. М'ясо та птиця

10.1 Вступ

Продаж упакованого свіжого м'яса став загальноприйнятною формою роздрібною торгівлі та найкращим виходом для тих, хто прагне до зручності та різноманітності вибір м'ясних продуктів, які вони можуть купити. В той час, як припущення про те, що традиційні форми обробки м'яса будуть повністю витіснені операціями з обвалки, заснованими на різних системах упаковки, упаковка свіжого м'яса продовжує відігравати все більш важливу роль на ринку, особливо для магазинів самообслуговування. Нині, упаковане м'ясо та традиційні системи обробки існують пліч-о-пліч; задовольняючи різні запити покупців. Поява сучасних форм МГС дозволило значно покращити товарний вигляд та збільшити термін зберігання продукту та поповнило низку опцій, доступних споживачеві.

Поява нових технологій та виявлення основних факторів, необхідних для досягнення максимального терміну зберігання продуктів, що принесло безсумнівну користь ринку оптової торгівлі. Більш того, стала очевидною необхідність для роздрібного ринку торгівлі виробляти привабливий кінцевий продукт. Традиційні способи постачання задніх частин яловичих і баранячих туш від скотобійні до торгових точок більшій частині були замінені на поставки м'яса, з кісткою або без кістки, в вакуумній упаковці, виробленого на спеціально створених при цьому пакувальних підприємствах. Використання попередньо оброблених шматків дозволяє знизити вагу і займаний продуктом простір під час доставки та витрати на додаткову обробку м'яса безпосередньо при продажу (Худ, 1995). Використання упакованих у вакуумі шматків має й інші переваги, включаючи більш тривалий термін зберігання та запобігання втратам у вазі продукту за рахунок випаровування.

Розвиток МГС для свіжого м'яса та птиці відбувався відповідно до необхідності зберігати м'ясо різних видів у різних умовах та задовольняти різні специфічні потреби ринку. Коли стали очевидні недоліки та обмеженість традиційних методів упаковки стали з'являтися нові розробки в цій галузі. Залежно від особливостей конкретних запитів технологія, як і раніше, розвивається і покращується. В цьому розділі наводяться відносні переваги різних систем упаковки різних видів м'яса, що є на ринку. Упаковка свіжого м'яса та птиці буде розглянуто окремо. В обох випадках використовуються ті самі основні принципи, за винятком того, що для свіжого м'яса важливу роль відіграє колір продукту, що не так важливо для м'яса птиці. Блідніше, воно не має властивості свіжого м'яса втрачати колір у упаковках з різними умовами. У той час як для свіжого м'яса колір є вирішальним фактором при виборі умов упаковки, для птиці цей фактор такої важливості не має, та в останньому випадку до умов упаковки пред'являється набагато менше вимог.

10.2 МГС свіжого м'яса

10.2.1 Мікробіологія свіжого м'яса

У свіжому м'ясі бактерії розвиваються здебільшого тільки на поверхні продукту, а його внутрішня частина залишається практично стерильною. Кожен етап забою, розділення та упаковки може бути джерелом - забруднення бактеріями. Ступінь забруднення великих шматків м'яса, таких як бараняча туша або четвертина яловичої туші, надає великий вплив на рівень вмісту бактерій у шматках м'яса, виготовлених з них. У великих шматків м'яса частка поверхні по відношенню до загального обсягу дуже мала, і дефекти поверхні не настільки важливі, але при обробці ситуація стає прямо протилежною: бактеріальне забруднення пошириться набагато більшої поверхні. Після обробки на поверхні туші може утримуватися до 10^4 організмів на см^2 (Брукс, 1998; Худ, 1991). Більше того, завдяки обробленню, умови на шматках м'яса стають просто ідеальними для швидкого зростання бактерій. Після рубання м'яса перед упаковкою на шматках найчастіше міститься досить велике число мікроорганізмів (Тейлор, 1995).

Основні погляди на мікробіологію пакування м'яса були узагальнені Еганом та ін. (1991). Псування свіжого м'яса, що зберігається в аеробній атмосфері при низькій температурі, в основному відбувається через зростання та метаболізму домінуючих *Pseudomonas* spp., включаючи *P. fluorescens*, *P. putida* та *P. fragi* (Шоу та Латті, 1994), і *Moraxella* та *Acinetobacter* spp. (Стайлз, 1991). Ці організми, при рівні вмісту вище $10^6/\text{см}^2$, викликають появу запаху гнилі, який зазвичай асоціюється з зіпсованим м'ясом, а при вмісті в $10^8/\text{см}^2$ - утворення слизу. За сприятливих умов продукт може зіпсуватися за 10 днів при температурі зберігання 0°C або 5 днів при $+5^\circ\text{C}$. Псевдомонадам для зростання необхідний O_2 але вони здатні розвиватися, навіть якщо його концентрація становить лише 1%, незважаючи на те, що їхнє зростання уповільнюється в атмосфері, насиченій CO_2 .

Важливу роль у псуванні м'яса грають також терпимі до холоду ентеробактерії (вони можуть домінувати при температурі близько 10°C) і *Brocothrix thermosphacta*, які при відсутності повітря викликають закисання, а при високій концентрації CO_2 , особливо при низькому змісті O_2 , гинуть (Кемпбелл та ін., 1999). Такі умови є сприятливими для росту молочнокислих бактерій (*Carnobacterium*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* і *Pediococcus*), які викликають у м'ясі типове молочнокисле закисання.

В аеробних умовах кількість псевдомонад швидко зростає і значно перевершує кількість інших бактерій, вони стають несприйнятливими до рівня рН, характерного для свіжого м'яса (5,5-6,5). Однак існує вид м'яса, який псується набагато швидше за всіх інших і описується як темне, жорстке та сухе (DFD). У цього виду м'яса рівень рН дорівнює 6,0 або вище, його виробляють із тварин, які зазнають передзабійного стресу (Хендрік, 1990). Внаслідок такого стресу знижується рівень глікогену у м'язах, під час посмертного гліколізу виділяється досить невелика кількість молочної кислоти, проте, незважаючи на це, загальний рівень рН залишається високим. Рівень вмісту у м'язах глюкози також знижений. Згідно з Гіллом (1992), псевдомонади воліють використовувати для зростання глюкози, а коли вміст глюкози вичерпується, виробляють метаболіти з неприємним запахом, тільки вживаючи певні амівокислоти. М'ясо DFD псується набагато швидше, тому що псевдомонади починають використовувати амінокислоти набагато раніше.

При низькому вмісті O₂ і високому вмісті CO₂ м'ясо DFD псується так само швидко. Однак у цьому випадку високий рівень рН дозволяє поширюватися таким організмам, як *Shewanella* (*Alteromonas*) *putrefaciens* і *Aeromonas* spp., які активно виробляють сильно смердючий сірководень і сульфміоглобін, при нарахуванні якого м'ясо забарвлюється у зелений колір. Тому для збільшення терміну зберігання м'ясо DFD не рекомендується упаковувати. Для терміну зберігання м'яса важливу роль відіграє рівень рН, який може змінюватись від 5.5 до 6.5 залежно від виду м'яса та м'язів та передзабірного стресу (Дейві, 1994). (Дейві, 1994). В таблиці 10.1 відображено порівняльні терміни зберігання для трьох видів м'яса при температурі 0° з різним рівнем рН.

Таблиця 10.1 Термін зберігання свіжого м'яса, упакованого у вакуумі

Вид м'яса	Рівень рН	Срок зберігання (неділі)	Прояв порчі
Яловичина	5,5-5,8	10-12	Закислення
Свинина	5,5-5,8	6	Поява присмаку
	6,0-6,3	4-6	Зміна кольору (зелений)
Баранина	змінюється	6-8	Зміна кольору утворення жиру

Особливості мікробіології необхідно брати до уваги при виборі придатної для цього виду м'яса системи упаковки. Еган та ін. (1991) вивели основні типи реакцій найбільш поширених видів бактерій на наявність двох факторів: 1) наявність або відсутність O₂. 2) рівень рН у м'язовій тканині (Таблиця 10.2)

Таблиця 10.2 Вплив наявності кисню та рівня Рн на зростання основних бактерій, що викликають псування продукту

	Рівень рН 5-5.7		Рівень рН 6,0 або вище	
	Є кисень	Немає кисню	Є кисень	Немає кисню
<i>Pseudomonas</i> spp.	+	-	+	-
Enterobacteriaceae	+	-	+	+
<i>Bronchothrix thermosphacta</i>	+	-	+	+
Молочно-кисліє бактерії	+	+	+	+
<i>Aeromonas</i>	-	-	+	+
<i>Shewanella</i> (<i>Alteromonas</i>) <i>putrefaciens</i>	-	-	+	+

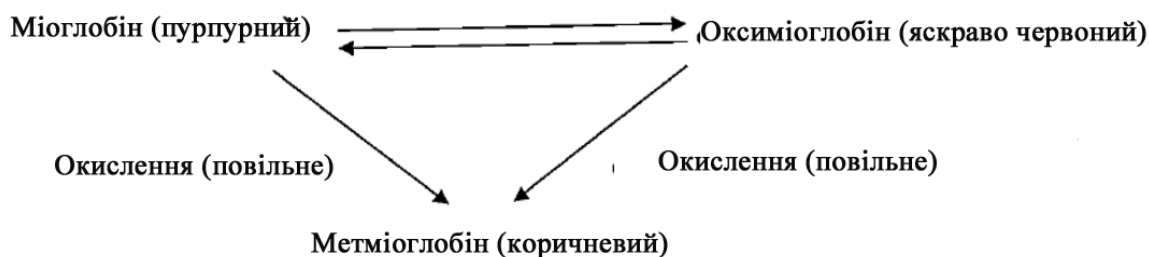
Зростання: + - можливе; - - не можливе

Еган та ін. (1991) зазначили, що будь-яка система упаковки має бути націлена на створення умов, у яких домінуватимуть молочнокислі бактерії, оскільки ці мікроорганізми повільно розвиваються і завдають мінімальної шкоди продукту.

10.2.2 Колір свіжого м'яса.

Головним пігментом свіжого м'яса є міоглобін, що існує в трьох видах, або його деривати, що утворюються в залежності від наявності в атмосфері, що оточує м'ясо, кисню. Існують відновлений міоглобін (Mb), оксиміоглобін (MbO₂) та метміоглобін (Mb⁺). Для відновленого міоглобіну характерний червоний колір, він впливає на колір м'яса відразу після обробки або колір м'яса, яке зберігається за відсутності повітря, наприклад у вакуумній упаковці. Оксиміоглобіну властивий яскраво-червоний колір - найпривабливіше забарвлення насиченого киснем м'яса. Метміоглобін, коричневого кольору, утворюється при окисненні пігменту у залізисту форму. Реальний колір свіжого м'яса залежить від співвідношення кількості трьох даних деривативів на поверхні (Схема 10.1).

Схема 10.1 Основні пігменти міоглобіну та колірна реакція свіжого м'яса



Глибина проникнення (а) O₂ в м'ясо залежить від парціального тиску (C₀) O₂ на поверхню, рівня споживання (A₀) O₂, м'язової тканиною і константи дифузії (D) згідно з наступним рівнянням (Брукс, 1998)

$$d = \sqrt{2C_0D/A_0}$$

У м'ясі перед настанням стану задубіння рівень споживання дуже високий, внаслідок чого проникнення кисню в поверхню м'яса знижується до мінімуму за кілька годин після смерті. Однак через пару днів м'ясо, на кілька годин схильне до впливу кисню, набуває червоного забарвлення і глибини проникнення O₂ може дорівнювати 6-7 мм (Тейлор, 1995). При достатньому рівні вмісту кисню міоглобін насичується киснем і утворюється оксиміоглобін, яскраво-червона залізна форма пігменту. Низький парціальний тиск сприятливо впливає на окислення гем-пігменту і утворення коричневого деривативу метміоглобіну. Оптимальний для окислення парціальний тиск - 4 мм рт.ст. (Брукс, 1998). Обидві ці реакції, насичення киснем та окиснення, відбуваються на поверхні свіжого зрізу на м'ясі. При вільному доступі O₂ утворюється червоний оксиміоглобін, але рівень його вмісту знижується, коли при збільшенні проникнення O₂ в продукт через споживання O₂ знижується парціальний тиск. При близькому до граничного рівня проникнення O₂ створюються оптимальні умови для утворення метміоглобіну (парціальний тиск практично дорівнює 4 мм рт.ст.), і домінує коричнева форма пігменту. При рівні проникнення вище граничного створюється анаеробна атмосфера,

проте пурпурна відновлена форма пігменту, міоглобіну, не торкається. У реальних умовах всі три пігменти можуть існувати на поверхні м'яса одночасно. Процес насичення киснем відбувається дуже швидко і м'ясо може стати червоним протягом півгодини при температурі 5°C. Окислення з утворенням метміоглобіну відбувається, проте, набагато повільніше, спочатку виявляючись у вигляді тонкого коричневого шару при рівні проникнення кисню, близькому до граничного, а потім поступово потовщуючи і поширюючись по поверхні. Протягом наступних кількох днів м'ясо темніє, завдяки дифузії і поступовому нагромадженню пігменту метміоглобіну по всьому напівпрозорому шару поверхні.

Самоокислення з утворенням метміоглобіну також залежить від температури. Браун та Мебайн (1999) підрахували значення Q_{10} для проходження цієї реакції. При зниженні рівня рН вона прискорюється, що знижує стійкість зв'язків гемоглобіну (Фронтічеллі та Буччі, 1993). Наявність іонів металів також стимулює окиснення оксиміоглобіну; Снайдер і Скрдлант (1996) з'ясували, що у цьому відношенні мідь проявляє набагато більшу активність, ніж залізо, алюміній і цинк. При зазначеному зниженні температури коефіцієнт дифузії знижується набагато повільніше, ніж дихальна активність. Таким чином, виходить, що яскраво-червоний шар оксиміоглобіну буде товще при 0°C, чим при, припустимо, 20°C (чим нижче температура м'яса, тим яскравіше його колір).

Можна узагальнити оптимальні умови для запобігання самоокисленню пігментів міоглобіну. По-перше, необхідно уникати зниження парціального тиску O_2 , поміщаючи м'ясо або в абсолютно анаеробні умови, або в атмосферу з високим вмістом O_2 . Температура зберігання повинна бути максимальною наближена до 0°C і слід уникати контакту м'яса з іонами металів, особливо міді. Також слід виявляти бактеріального зараження, що обмежує кількість O_2 , доступного для пігментів у м'язовій тканині. У цьому плані особливо корисним є високий рівень рН, однак, важливіші фактори, такі як надзвичайний ріст бактерій, що викликають псування продукту, досі не вивчені достатньою мірою.

10.3 Упаковка м'яса та птиці.

Так само, як і інші продукти, м'ясо спочатку поміщалося в упаковку для того, щоб зробити його більш привабливим для покупця, уникнути сильного забруднення і, можливо, для того, щоб знизити втрати ваги за рахунок випаровування. З появою нових пакувальних матеріалів, розроблених спеціально для пакування м'яса, стало можливим використовувати упаковку з іншими цілями, включаючи збільшення терміну зберігання та поліпшення зовнішнього вигляду продукту.

М'ясо є продуктом, що особливо швидко псується, оскільки воно легко піддається зараженню бактеріями, які моментально поширюються на вологій поверхні за наявності поживних речовин, необхідних для їх росту. Хімічні ушкодження продукту, такі як жирне окислення та самоокислення пігментів, також відіграють роль у псуванні продукту. Хоча насправді, м'ясо втрачає свій колір через внутрішні біохімічні реакції задовго до того, як вплив бактерій стає досить сильним (Худ, 1994).

Системи упаковки пропонують різні можливості залежно від вибраних умов, але всі вони побудовані на зміні середовища, а особливо газової атмосфери, всередині упаковки. Вибір правильного способу упаковки залежить від багатьох факторів, включаючи вид м'яса, яке необхідно упакувати (яловичина, баранина, свинина, оленина, тощо), бажаний термін зберігання або обсяг поставок на ринок (призначено м'ясо для

продажу в роздріб або оптом), і т.д. Склад газової атмосфери визначає колір м'яса і тривалість збереження кольору, також як і можливу форму зараження м'яса бактеріями. Таким чином, гази розчиняються в рідині, що міститься в м'ясі, з різною швидкістю відповідно до константи розчинності та парціального тиску в атмосфері. Вуглекислий газ легко розчиняється і в м'язовій, і в жировій тканинах (Гілл і Пенні, 1998). Крім цього, він виробляється внаслідок дихання м'язової тканини та мікроорганізмів в упаковці (Інграм, 1992).

Найважливішими газами є вуглекислий газ та кисень. Кисень сприяє фарбуванню м'яса у яскраво-червоний колір, особливо при високому парціальному тиску. Однак концентрація O_2 з часом знижується через дихання м'язової тканини та впливу ензимів аеробних бактерій. Кисень може бути повністю відсутній у системі, наприклад, у разі упаковки у вакуумі. З комерційної точки зору системи упаковки принципово різняться за наявністю або відсутністю в упаковці O_2 і за рівнем вмісту в упаковці. Зміни, що відбуваються, і їх вплив на такі ознаки якості, як колір і бактеріологічний термін зберігання, є принциповими факторами для МГС-упаковки м'яса.

10.4 Вакуумна упаковка.

Найпростішою формою МГС є видалення з системи повітря та зберігання м'яса у вакуумній упаковці. Вакуумна упаковка є найчастіше використовуваним методом упаковки для зберігання та поширення замороженого м'яса або цілюнокусової яловичини. У деяких країнах, наприклад, США, використання вакуумної упаковки для оптового поширення великих шматків м'яса практично повністю витіснило постачання туш, а яловичина, упакована в коробки, вважається невід'ємною частиною маркетингового ланцюга (Брайденштайн, 1992). У порівнянні з постачанням туш або четвиртин яловичини дана система має кілька істотних переваг. Запаковані у вакуумі шматки м'яса, за умови забезпечення нормальних умов, легко транспортувати, і сам метод цілком надійний. З економічної точки зору вигідніше здійснювати транспортування та зберігання яловичини у вигляді частин без кістки, ніж у вигляді четвиртин або напівтуш. Тільки дві третини туші придатні для вживання, тому використання коробок при транспортуванні та зберіганні дозволяє значно заощадити простір у холодильнику. Більше того, можна заощадити простір при зберіганні на м'ясоробних підприємствах частин туші і кісток, що не мають великої цінності. Використання вакуумної упаковки дозволяє також уникнути втрат у вазі при дозріванні м'яса, під час якого воно стає ніжнішим і набуває покращених смакових якостей. Від використання вакуумної упаковки вигоду у вигляді гнучкості на ринку, контролю зберігання та зниження витрат на підготовку м'яса до продажу отримують і роздрібні торговці.

Ефективність вакуумної упаковки залежить від фізичних характеристик плівки, яка повинна мати достатню міцність і стійкість до механічних впливів і проколів, легко піддаватися ущільненню і не пропускати воду і O_2 . Зміст кисню $<2\%$ (V/V) необхідне мінімізації процесів окислення, що призводять до появи у продукту неприємного присмаку і запаху (Уайт і Робертс, 1992). Оскільки залишковий вміст кисню споживається тканинами, що дихають, і мікроорганізмами, підвищується вміст вуглекислого газу. Пластикові пакети, що використовуються для пакування у вакуумі, практично не пропускають гази (особливо O_2), випаровування води та CO_2 . Для поліпшення кольору та збільшення терміну зберігання м'яса необхідно по можливості не допускати контакту м'яса з O_2 , в процесі оброблення та обробки. Для захисту шматків м'яса на кістки рекомендується перед упаковкою у вакуумі поміщати їх у матеріали з армованої пластмаси.

Вакуумна упаковка може призвести до утворення великої кількості не видимих на погляд крапель, які, проте, негативно впливають на підсумковий вид продукту. Частково цього можна уникнути, використовуючи упаковку з вакуум-формованої плівки, яка щільно прилягає до поверхні м'яса, не залишаючи простору для накопичення рідких ескудатів. У даній технології використовується іоновмісна плівка Surylin®, яка при нагріванні стає настільки м'якою і пластичною, що нею можна обертати гострі предмети (такі як нерівна поверхня кісток) без пошкоджень для плівки, і таким чином залишається мало простору для скупчення вологи. Ця технологія підходить для пакування замороженого м'яса, коли особливо важливо не допустити втрат або переміщень рідини усередині упаковки. З іншого боку, скупчення інею також може вплинути на зовнішній вигляд кінцевого продукту. Тейлор (1995) зазначає, що для замороженого м'яса колір має дуже велике значення, і якщо необхідно, щоб м'ясо було яскраво-червоного кольору, його слід досягати шляхом насичення м'яса киснем до заморожування.

Запаковане у вакуумі м'ясо зазвичай набуває пурпурового забарвлення, але для ринку оптових продажів це не є особливим недоліком, оскільки фахівці знають, що даний ефект — тимчасовий, і після того, як м'ясо поміщують у нормальні атмосферні умови, колір змінюється. Тейлор (1995) виділяє основні зміни, які у м'ясі внаслідок упаковки їх у вакуум. При первинній упаковці м'яса у вакуум залишки O_2 швидко поглинаються пігментами та м'язовими ензимами. Якщо м'ясо перед упаковкою було червоного кольору, воно швидко змінює колір через наявність пурпурових форм пігменту. Паралельно з цим в результаті «дихання» продукту виробляється CO_2 концентрація якого зростає до максимум 20%. За два дні протягом яких м'ясо знаходиться в упаковці, парціальний тиск O_2 на поверхню продукту падає до 10 мм рт.ст. або нижче. Залишок газової атмосфери складається з N_2 . Вільний для газу простір усередині упаковки настільки малий, що його вплив на м'ясо зовсім незначний. Будь-який окислений пігмент, який з'являється в результаті зниження парціального тиску O_2 , відкладається на поверхні шаром товщиною в одну молекулу і захищає від впливу тканину пурпурового кольору, що знаходиться під ним. При використанні матеріалів з хорошими бар'єрними якостями товщина шару метміоглобіну на поверхні продукту може не перевищувати 1 мм, проте, при використанні плівки з коефіцієнтом проникності 200, його товщина може досягати 2-3 мм. Яловичина, упакована під вакуумом у плівку з низькою проникністю повинна зберігати пурпуровий колір протягом усього терміну зберігання. Зміна кольору на коричневий свідчить про наявність O_2 , який потрапив в упаковку або через плівку з невідповідним коефіцієнтом проникності, або через пошкодження плівки під час процесу упаковки або подальшого зберігання.

Основна перевага м'яса у вакуумній упаковці — це тривалий термін зберігання. При зберіганні за низької температури м'ясо може залишатися свіжим протягом кількох тижнів після пакування. Існують, однак, деякі запобіжні заходи для забезпечення ефективності даного методу. Упаковувати у вакуумі необхідно м'ясо лише гарної, з погляду мікробіології, якості. Також, або навіть більше, важливим є рівень рН. М'ясо з рівнем рН 6,0 або вище не можна упаковувати у вакуумі. Комбінований вплив сильного забруднення бактеріями та високого рівня рН серйозно скоротить термін зберігання м'яса. Температура також є обмежуючим фактором, і для досягнення найкращих результатів м'ясо необхідно зберігати за температури максимально наближеної до температури замерзання (Худ, 1994).

Упаковане у вакуумі м'ясо з нормальним рівнем рН можна зберігати до 14 тижнів за температури 0°C. Термін зберігання яловичини з найвищим рівнем рН (>6,0) за тих же температурних умов набагато коротший. Гілл і Пенні (1996) наводять ліміт терміну зберігання в 8 тижнів, і, на їх думку, те ж саме відноситься до баранини, яка зазвичай складається з такої ж м'язової тканини з високим рівнем рН і не дихає жирового прошарку з нейтральним рівнем рН. Шерідан та ін (1997) наводять термін зберігання 6 тижень для баранячих лопаток у вакуумній упаковці з вмістом газів у наступному співвідношенні: O₂/CO₂ - 80/20 або 50/50, або 100% CO₂. Тейлор і Шоу (1997) довели, що свинина і баранина в вакуумній упаковці виявляють набагато меншу стійкість при зберіганні, ніж яловичина. Барання філе, лопатки та ноги при зберіганні у вакуумному пакуванні при температурі 1°C залишалися свіжими, проте при подальшому зберіганні при температурі 5 °C швидко псувалися. Рівень рН у м'язовій тканині яловичини нижче, ніж у баранині, і, таким чином, яловичина менш схильна до впливу та поширенню бактерій (Гілл, 1999). Для зберігання баранини в упаковці повинно міститися набагато більше CO₂, ніж виділяється в результаті бактеріостатичної активності. Свинина, з менш насиченим жиром, більш схильна до окислення з утворенням неприємного запаху і присмаку (Бруді, 1999). Комерційні партії баранини у вакуумній упаковці (як шматки, так і цілі туші, нарізані та покладені для упаковки) успішно поставляються до Британії з Нової Зеландії (Брюс і Робертс, 1992). Встановлення високих стандартів гієнічності процесів обробки та пакування строгий контроль за підтримкою температури на рівні -1°C сприятливо відбилися наподегливості продукту при зберіганні і, отже, тривалішому терміні зберігання. Тейлор (1995) повідомляє, що можливий термін зберігання шматків свинини у вакуумній упаковці не перевищує двох тижнів при температурі 1°C. Сорхайм та ін. (1996) зберігали свиняче філе протягом 22 днів при температурі 1°C у продутих газом пакетах у вакуумі з наступним вмістом газів: 25% CO₂/65% N₂/10% O₂. Поверхня відбивних, приготованих з філе, що зберігається в пакетах із вмістом O₂, була значно забарвлена в сірий і зелений кольори, мала невеликий запах, що, мабуть, результатом діяльності аеробних бактерій, і густина на 1 log₁₀ вище, ніж у філе, що зберігається в інших умовах. Зміни кольору у філе у вакуумній упаковці були такими ж, або навіть гірше, ніж під впливом CO₂/N₂, проте у вакуумній упаковці виділення рідини було менше, ніж у МГС-упаковці. Необхідність контролю вакуумної упаковки залежить від виду м'яса та рівня вакууму.

Балтцер (1999) підбив підсумки мікробіології вакуумної упаковки в умовах заміщення псевдомонад молочнокислими бактеріями і потім зазначив, що загальна щільність яловичини у вакуумній упаковці збільшується повільніше, а псування виявляється у вигляді окислення, а не гниття або утворення слизу. Виявилось, досить складно визначити рівень вмісту штамів молочнокислих бактерій у вакуумній упаковці. Шоу і Хардінг (1994) довели, що 90% штамів посідає дві групи стрептобактерій, тоді як третя група складається з *Leuconostoc* spp. Ці автори виділили 20 атипичних видів штамів молочнокислих бактерій та дали опис нових видів *Lactobacillus carnis* та *L. divergens*, які є важливою складовою флори вакуумної упаковки. Якщо продукт зберігається при температурі 4°C, ці організми виробляють шкідливі речовини, які негативно впливають на пов'язані з ними бактерії. Дослідження м'яса з невеликим вмістом бактерій (менше 100 см²) показали, що неприємний присмак з'являється і стає відчутним після 14-16 тижнів зберігання при температурі 0°C. Цей присмак тако ж описується як гіркий і схожий на печінковий, і, можливо, він є результатом хімічних змін у м'ясі, викликаних активністю ферментів. Коли рівень рН у м'ясі приблизно дорівнює 6,0 або вище, популяція інших видів бактерій може збільшитися настільки, що викликає псування. Зокрема зростання *Alferomonas putrifaciens*, *Aeromonas* spp. або деяких видів ентеробактерій може спричинити псування з фарбуванням м'яса в зелений колір.

Ці організми виробляють сірководень, що взаємодіє з міоглобіном та призводить до утворення зеленого пігменту сульфміоглобіну. Його вплив найбільш помітний на яловичині, оскільки завдяки вищій концентрації міоглобіну зелений колір виходить більш насиченим. Для запобігання подібному ефекту м'ясо з високим рівнем рН взагалі не варто упаковувати (Еган та ін, 1991). Для упаковки біфштексів, на думку деяких фахівців, краще використовувати упаковку в вакуумі, а не в модифікованій атмосфері (Фу та ін, 1992; Канганелла та ін, 1993). Обидві групи вчених відзначають зниження зростання мікробів на біфштексах у вакуумній атмосфері, хоча Фу та ін. відзначили також, що МГС сповільнює зростання ентеробактерій.

Термін зберігання упакованого вакуум м'яса після забою можна збільшити шляхом поліпшення бактеріологічного стану туш, з яких отримують м'ясо. Головна ідея полягає у знезараженні туш під час забою шляхом збризування їх гарячою водою. Для збільшення терміну зберігання м'яса з високим рівнем рН можна використовувати розчини оцтової або молочної кислоти, Еган та ін. (1991) вважають, що баранячі туші можна піддавати такій обробці прямо під час переробки, що передують заморожуванню. Якщо такі не заморожені туші занурити в 1.5% розчин оцтової кислоти при температурі 55°C на 10 сек, популяції бактерій на м'ясі знизиться на 95-99%. Обробка кислотою не тільки знижує кількість бактерій, але також надає деяку бактеріостатичну дію, уповільнюючи розмноження гнильних бактерій і, таким чином, збільшуючи термін зберігання продукту до 10-12 тижнів. Обробку молочною кислотою можна ефективно застосовувати і в упаковці. Стайлз (1991) зазначив, що баранина, упакована в шар фольги залишалася незіпсованою на кілька тижнів довше, ніж при упаковці в пластикову плівку. Грієр і Джонс (1991), проте, менш впевнені у ефективності даного методу. На експериментальних скотобійнях яловичі туші обробляли, оббризкуючи або розчином молочної кислоти, або водою. В результаті зниження рівня зараження м'яса бактеріями в результаті обробки його молочною кислотою було настільки незначним, що практично не спостерігалось ні поліпшення бактеріального стану субпродуктів, ні зменшення аеробного псування біфштексів. Стайлз (1991) наполягає у тому, що результати використання молочнокислих бактерій збільшення терміну зберігання м'яса викликають певні сумніви, можливо, через використання невідповідних видів. При використанні культур, що викликають молочне закисання, для досягнення бажаного ефекту потрібна велика щільність їх розміщення. Термін зберігання біфштексів з упакованого у вакуумі м'яса, схильних до впливу даної культури, при температурі від 1 до 3°C залишився тим самим, у біфштексів з'явився неприємний запах, знебарвлення поверхні та погіршення смаку.

10.5 Газова атмосфера

У 1930-х роках успішно здійснювалося постачання охолоджених м'ясних туш з Нової Зеландії та Австралії до Британії, щоб задовольнити потреби місцевих споживачів у свіжому, а не замороженому м'ясі. Ця система, для використання якої потрібен суворий контроль температури та атмосферних умов, по суті, є системою зберігання в контрольованій атмосфері. За газами, що оточують м'ясо, постійно ведеться спостереження, і протягом усього періоду зберігання в атмосферу вносяться необхідні зміни. На самому початку використовувалася 10-20%-на концентрація CO₂. Використання вищої концентрації CO₂; виявилось ефективним для запобігання росту бактерій, але також приводило до потемніння поверхні через утворення метміоглобіну. Температура також ретельно контролювалася і постійно підтримувалася на рівні 1°C (Хейнз, 1993). Зберігання в контрольованій атмосфері призначене для великомасштабних перевезень або складування у великих масштабах.

З моменту появи вакуумної упаковки для збільшення терміну зберігання стали використовувати атмосферу з високою концентрацією CO₂. Використання для пакування смужок філе атмосфери, що містить CO₂, є ефективним для обмеження росту бактерій, що викликають псування продукту, навіть при високому рівні рН (Гілл і Пенні, 1996). Ця система була розроблена в Новій Зеландії для перевезення цілих баранячих туш, упакованих у транспортну тару з фольги з вмістом CO₂. Процес відомий як складання, складається з укладання задніх ніг туші в грудну порожнину для економії простору під час транспортування. Атмосфера в упаковці підтримується незалежно від форми та розмірів шматка м'яса (Гілл, 1997). Вуглекислий газ легко розчиняється в жирових і м'язових тканинах (Гілл і Пенні, 1998), тому кількість газу, що використовується для збільшення терміну зберігання, повинна перевищувати кількість газу, яка може розчинитися в продукті (Гілл і Пенні, 1998). Зниження парціального тиску всередині упаковки є результатом розчинення газу, щоб уникнути чого необхідний надлишок його вмісту в упаковці. Шей та Еган (1996) для збільшення терміну зберігання упакованої баранини та свинини використовували високу концентрацію CO₂. Незважаючи на використання вакуумної упаковки, повністю видалити повітря із системи досить складно. Залишковий вміст O₂ можна видалити за допомогою продування упаковки CO₂. Гароут та ін. (1999) нещодавно повідомили про те, що філе баранини, упаковане в CO₂, зберігається довше, ніж партії такого ж м'яса у вакуумній упаковці, що перевозяться літаком із Нової Зеландії до Саудівської Аравії. За тих же температурних умов термін зберігання баранини, упакованої в CO₂, на 40 днів перевищує термін зберігання баранини, упакованої у вакуумі.

O₂, CO₂ і N₂ а особливо перші два гази, становлять особливий інтерес для аеробної МГС-упаковки м'яса. Азот є інертним газом і не виконує бактерицидних або бактеріостатичних функцій, але його використання допомагає запобігти розриву упаковки В зв'язку з розчиненням CO₂ в рідині, що міститься в м'ясі. Для досягнення найкращого ефекту вміст газу має бути надлишковим (приблизно в 1.5-2 рази більше за обсяг м'яса). Було доведено, що пропорція вільного простору навколо м'яса для яловичини є дуже важливим параметром (Жао та ін., 1995). Непроникна пластикова плівка з глибоким витягуванням використовується спільно з рифленою підкладкою, яка дозволяє газу стикатися з нижньою поверхнею м'яса. Використання високої концентрації CO₂ призводить до утворення товстого шару яскраво-червоного оксिमіоглобіну, завдяки чому метміоглобін з'являється на максимальній відстані від м'яса. Таким чином запобігається потемніння пігменту і колір зберігається на більш довгий час. Для ефективної централізованої упаковки необхідно, щоб колір залишався без змін як мінімум тиждень. Цього можна досягти за допомогою модифікування технології упаковки таким чином, щоб знизити рівень аеробних пошкоджень продукту через поширення бактерій, що викликають його псування. Для цих цілей ефективно суміщення використання CO₂ і низької температури. Чим раніше продукт упакований у газовій атмосфері, тим більше користі від CO₂ для збільшення терміну зберігання (Бруд, 1999). Протягом деякого часу в комерційних ділях використовувалися суміші CO₂ і O₂ (Груди, 1990). У патенті, опублікованому в 1990 році, Георгала і Девідсон вказали певні поєднання цих газів, придатні для МГС-упаковки яловичини, Вони використовували концентрацію O₂ 70% і вище у поєднанні з концентрацією CO₂ 10% і менше. Отримані результати показали, що для збереження кольору протягом 9 днів потрібна концентрація O₂ 60%, а, як стверджується в патенті, при суміші 80% O₂ та 20% CO₂ м'ясо залишається червоним до 15 днів за нормальної температури 4°C. Хоча з комерційної точки зору ця заява була досить сміливою, зараз рекомендовані ними атмосферні суміші (60-80% O₂ та 20-40% CO₂) широко застосовуються в системах МГС-упаковки. Узагальнення використання МГС для пакування м'яса та органів наведено у таблиці 10.3 (Шоу, 1995).

Таблиця 10.3 Інформація та рекомендації щодо упаковки МГС сирого м'яса та органів

Основні види сирого м'яса та органів	Яловичина, свинина, баранина, телятина, оленіна та органи (печінка, нирки, серце і мізки), козлятина, кабаніна, крольчатива та зайчатина, бичачий хвіст, мозкова кістка, печінковий паштет, гусячі потрухи, шийка, ніжки, язик, зобна та підшлункова залоза, шлунок і свинячі ніжки.
Основні механізми псування продукту	1. Зміна кольору (з червоного на коричневий) 2. Поширення мікробів, наприклад <i>Pseudomonas</i> , <i>Acinetobacter/Moraxella</i> і <i>Brochotrix</i> spp., лактобацили, мікрококи, ентеробактерії, дріжджові грибки та пліснява
Небезпека харчового отруєння <i>aureus</i> ,	<i>Clostridium</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., <i>Staphylococcus</i> <i>Bacillus</i> spp., <i>Listeria monocytogenes</i> и <i>Escherichia coli</i>
Рекомендована температура зберігання (°C)	от-1 до +2
Максимальний термін зберігання (дні)	
В повітрі	2-4
У модифікованій атмосфері	5-8
Рекомендовані суміші газів	
Вирубане свіже м'ясо	20-40% CO ₂ /60-80% O ₂
Рубані внутрішні органи	0-20% CO ₂ /60-80% O ₂ /0-20% N ₂
Свіже цілюнокускове м'ясо	20-40% CO ₂ /60-80% O ₂
Субпродукти	20-40% CO ₂ /40-80% N ₂
Стандартні машини для МГС	
Рубане м'ясо	термоформер (TFFS) і PTLF (упаковка В лоток)
Цілюнокускове м'ясо	тип із занурювальною трубою та вакуумною камерою
Субпродукти	CapTech, Cryovac
Приклади типових пакувальних матеріалів для МГС	
Пакувальна плівка (верхня)	PET/PVD/LDPE PA/PVDC/LDPE PC/EVOH/EVA
Лоток (нижня плівка)	UPVC/LDPE HDPE EPS/EVOH/LDPE
Пакет-вкладиш та транспортна тара	PA/LDPE PA/EVOH/LDPE

При забезпеченні низької температури зберігання з використанням цієї газової суміші м'ясо може зберігати свій колір протягом тижня. Шей та Еган (1990) повідомляють, що у яловичини, що зберігається в МГС (80% N₂ і 20% CO₂, при температурі 5°C, термін зберігання в 3 рази більше, ніж у такої ж яловичини і баранини в обгорнутій целофаном підкладці. Термін зберігання в окремій вакуумній упаковці залежить від типу м'язової тканини і часу, протягом якого продукт знаходився у вакуумній упаковці перед розфасовкою в окрему упаковку. Завдяки високому вмісту кисню м'ясо зберігає насичений колір протягом усього терміну зберігання в окремій упаковці. Стійкість кольору залежить від попереднього зберігання м'яса. У м'яса, яке перед попереднім розфасовуванням окрему упаковку зберігалось у вакуумі, термін зберігання в окремій упаковці буде коротшим. Наприклад, м'ясо, яке зберігалось при 5°C довше 6 тижнів перш, ніж його помістили в окрему упаковку при температурі 0°C, зміни кольору відбудуться вдвічі швидше, ніж у свіжого м'яса. Це відбувається під впливом кількох факторів, до яких відноситься високий вміст бактерій на поверхні м'яса і невисока активність системи м'язових ензимів зі зниження кількості метміоглобіну. Паттерсон (1990) з'ясував, що мікробіологічну і сенсорну якість свинини можна поліпшити, комбінуючи вплив МГС (25% CO₂, 75% N₂) і обробку опроміненням в 1.75 kGy.

Еган та ін. (1991) повідомляють, що порції м'яса, призначені для роздрібу, упаковані в звичайні підкладки, обгорнуті целофаном, можна поміщати в транспортну тару, що складається з непроникного пакета, в якому повітря заміщене газовою сумішшю з 20% O₂ і 80% CO₂. До продажу транспортну тару необхідно утримувати за низької температури. Температура зберігання відіграє в цьому випадку важливу роль: по можливості вона повинна бути максимально низькою, проте не доходить 0 точки замерзання (0 або 1°C). В цій системі проявляються комбіновані ефекти O₂ по забезпеченню червоного забарвлення м'яса і бактеріостатичний ефект CO₂, за необхідності виставляти продукт на прилавок можна без транспортної тари, тільки в підкладках, обгорнутих целофаном. Якщо у транспортній тарі при температурі -1-0°C м'ясо зберігати не довше 9 днів, то на прилавку термін зберігання збільшується ще на три дні. При тривалому зберіганні продукту в транспортній тарі, термін зберігання м'яса на прилавку зменшується, тобто стає меншим, ніж термін зберігання свіжого м'яса на підкладці, обгорненій целофаном. Транспортна тара даного типу підходить для централізованих запобіжних операцій. Її використання має кілька переваг у порівнянні з упаковкою в газовій атмосфері: значно знижується об'єм і сама система вимагає менше витрат.

Свинина в МГС-упаковці зберігає високу якість, якщо до складу газової суміші не входить кисень. Як вже було зазначено вище, Сорхайм та ін (1995) відзначили появу неприємного запаху у філе свинини, упакованої в атмосфері з 10% вмістом O₂ або у вакуумі. Гілл і Джонс (1996) повідомляють, що відбивні з яловичини при зберіганні в атмосфері, що містить O₂, неприємний запах з'явився через 12 днів, а при зберіганні без O₂ - через 21 день. При зберіганні в атмосфері, що містить O₂, у філейної частини свинини на кістці швидкість фарбування поверхні в сірий колір була прямо пропорційна концентрації O₂ (Сорхайм та ін, 1995). Рожевий колір м'яса зберігається у разі, коли використовуються поглиначі кисню. Єдиний випадок, коли кисень не надавав негативного на свинину, був виявлений Байзом та інших. (1994). Вони з'ясували, що використання суміші з 25% O₂, 25% CO₂ і 50% N₂ найбільш ефективно для упаковки цілюкускового м'яса, оскільки дана технологія дозволяє зберігати м'ясо на прилавку і протягом як мінімум 3 днів і при цьому зберігає його зовнішній вигляд привабливим для споживача.

10.6 - Зберігання птиці в МГС.

За останні роки у Європі значно зріс попит на охолоджене м'ясо птиці. Нині попит мають як цілі туші, і оброблені шматки. В США курчат зазвичай продають у свіжому вигляді, хоча іноді туші охолоджують, занурюючи у воду, а не використовуючи для цього холодне повітря як у Європі. Однак незалежно від способу охолодження, свіжі туші є набагато ціннішим товаром, особливо при зберіганні в повітрі; так само, як і інше м'ясо, птах псується під впливом певних видів бактерій, які поширюються за холодної температури. За певних умов термін зберігання м'яса птиці частково залежить від рівня рН, який може змінюватись від 5,6 до 6,4 залежно від виду птиці, типу м'язової тканини (наприклад, з грудини або кінцівки) і біохімічних змін, що відбулися після смерті (Джонс і Грей, 1999).

Так само, як і в інших свіжих продуктів, псування охолодженого м'яса птиці при аеробному зберіганні найчастіше викликає зростання *Achromobacter* і *Pseudomonas* spp., особливо *P. fluorescens*, *P. putida*, *P. fragi* та інших близьких до них за своєю природою видів. Коли населення цих організмів досягає 10^8 /см², стає відчутним неприємних запах, поява якого зазвичай супроводжується поширенням грамнегативних бактерій, особливо *Acinetobacter/Moraxella* spp., схожих з *Psychrobacter immobilis* (Джуні і Хейм, 1996). Мікроорганізми, що викликають псування, розвиваються і виробляють характерні їм запахи усім різаних поверхнях м'язової тканини, але в цілих тушах псування вперше проявляється на шийці (Паттерсон і МакМикин, 1991). Деякі виробники видаляють великі шматки шкіри із шийки, щоб збільшити термін зберігання м'яса хоча б на 1 день.

Методики, використовувані збільшення терміну зберігання, зазвичай діють з допомогою зниження чисельності псевдомонад чи уповільнення їх розвитку на продукті. Згодом на продукті розвивається мікрофлора, що зростає з меншою швидкістю, що призводить до появи запахів, що описуються як «кислі» або «сирні» і абсолютно відрізняються від запахів, що виникають в результаті діяльності *Pseudomonas* spp. Основними видами, що розвиваються в цих умовах, є *Carnobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., *B.thermosphacta* і іноді *S.putrefaciens* (Мід, 1999).

В Об'єднаному Королівстві більшість охолодженої продукції з м'яса птиці продається оберненою в пропускну O₂ плівку, яка запобігає втратам вологи і поширенню забруднюючих мікроорганізмів. Упаковка МГС для окремих тушок або кількох шматків використовується досить рідко через високу вартість та відсутність значних переваг у зовнішньому вигляді. У порівнянні з використанням пропускає кисень плівки (яка найчастіше використовується для пакування індички та качки) використання МГС-упаковки значно вигідніше, оскільки вона дозволяє набагато збільшити термін зберігання продукту. Те саме стосується і методики упаковки цілих тушок птиці, поширеної в США, а зараз використовується і в Європі.

Вакуумна упаковка не так широко застосовується для будь-якого м'яса птиці, за винятком деяких приготованих продуктів, хоча запечене м'ясо качки поставляється до Об'єднаного Королівства саме в такій формі. Барнс та ін. (1999) з'ясували, що запаковані в пропускаючу кисень плівку туші псувалися приблизно через 10 днів при температурі 2°C або через 19 днів при температурі -1°C. У вакуумній упаковці, однак, термін зберігання при тій же температурі збільшується майже в 2 рази.

Завдяки використанню вакуумної упаковки для шматків індички, неприємний запах у ніжок з'явився через 20 днів, замість 14, а у філе грудинки - через 25 днів, замість 16 (Джонс та ін, 1992). Однак у кожному випадку, згідно з отриманими даними, виявленню певного неприємного запаху попередні зміни смакових якостей м'яса. Порівняльне збільшення терміну зберігання та різниця між м'ясом грудинки та ніжок у курчат у вакуумній упаковці виявили Паттерсон та ін. (1994), хоча в даній галузі не проводилося досліджень з використанням сенсорів.

У першій роботі Хейнза зазначалося, що гальмуюча дія CO₂ на аеробні бактерії гниття значною мірою знизилася при збільшенні температури зберігання від 0 до 4°C. Така ж ситуація спостерігалася при порівнянні м'яса індички у вакуумній упаковці з плівки з високими бар'єрними якістьми та такого ж м'яса, загорнутого в матеріал, що пропускає O₂ (Дж.С. Мід, неопубліковані дані). У м'яса, упакованого в кисень, що пропускає плівку, при температурі 1°C неприємний запах з'явився через 13 днів, а м'яса у вакуумній упаковці — не раніше 16. При зберіганні м'яса птиці при температурі 4°C, терміни скоротилися до 7 і 8 днів відповідно.

Зберігання м'яса у вакуумній упаковці при зниженій температурі призводить до утворення по більшій частині кислого середовища, в якому найчастіше розвиваються нечутливі до температури кишкові палички (Барнс та ін., 1999) або *S. putrefaciens*. При псуванні кількість *Pseudomonas spp.* буде у 1000 разів нижчою, ніж кількість домінуючих молочнокислих бактерій, чутливих до температури зберігання (Таблиця 10.4).

Таблиця 10.4 Вплив вакуумного пакування на кількість мікробів та поява неприємних запахів у качиних тушок, що зберігаються при температурі від 2°C до -1°C

Температура зберігання (°C)	Тип упаковки	Загальна кількість життєздатних організмів (при 1°C)	Псевдомонади*	Час появи неприємних запахів (дні)
2	Пропускаюча O ₂	8,1	8,2	10
2	Вакуумна	7,0	5,2	16
-1	Пропускаюча O ₂	8,5	8,5	19
-1	Вакуумна	7,3	4,2	41**

*кількість log¹⁰ на см²

**попередні зміни смакових якостей

Хоча в даній час застосування МГС обмежується тільки м'ясом птиці, його використання для пакування цілих туш в США описано Тіммонсом (1996). З кожної упаковки, що містить близько 30 кг продукту, спочатку видаляється повітря, потім вони продуваються CO₂ і тільки після цього заварюються під впливом високої температури. Приблизний термін зберігання при температурі від -2 до +1 °C становить 18-21 днів. Використання для зберігання птиці при зниженій температурі атмосфери, насиченої CO₂ ґрунтується на класичних роботах Оджілві та Айреса (1991). У цьому дослідженні різні порції курчати зберігали просто у повітрі чи повітрі, що містить різні концентрації CO₂. При вмісті в атмосфері від 0 до 25% CO₂ співвідношення терміну зберігання продукту в CO₂ і терміну зберігання продукту в повітрі являє собою пряму залежність від концентрації CO₂, хоча температура зберігання (4.4°C) перевищувала температуру, оптимальну для уповільнення зростання бактерій гниття під впливом CO₂ (Хейнз, 1993). Наявність CO₂ вплинула на період затримки у розмноженні

і час, необхідний для збільшення вдвічі чисельності продуктів бактерій. Було встановлено, що максимально корисною концентрацією CO₂ є 25%, оскільки вища концентрація може призвести до знебарвлення продукту; навіть при 15%-му вмісті CO₂ Оджілві та Айрес іноді спостерігали відсутність «рум'янцю». Сучасні дослідження в Campden and Chorleywood Food Research Association (CCFRA) показують, що для ефективного збільшення терміну зберігання необхідно використовувати суміш, що містить CO₂; у надмірній кількості 20% (Шоу, 1995). Для роздрібною торгівлі вміст у газах для МГС CO₂ не повинен перевищувати 35% для запобігання розриву упаковки та появи надмірної вологи. Для транспортної тари з модифікованою атмосферою, в яку упаковують цілюнокускове м'ясо, розрив упаковки не становить реальної загрози, і тому CCFRA рекомендує використовувати суміші газів, що містять 80-100% CO₂ (Таблиця 10.5).

Таблиця 10.5 Інформація та рекомендації щодо упаковки MAP продуктів з м'яса птиці

Основні види м'яса птиці.	Курка, індичка, каченя, фазан, перепілка, гусятина, м'ясо голуба, куріпка, цецапка, курка пуссен/корніш, шотландська куріпка.
Основні механізми псування продукту	Зараження мікробами: Pseudomonas, Achromobacter, Flavourbacterium, Acinetobacter/Moraxella, Aeromonas, Alteromonas & Brochothrix spp., лактобацили та дріжджові грибки.
Опасность пищевого отравления	Salmonella, Clostridium и Campylobacter spp., Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes.
Рекомендована температура зберігання (°C) -	від -1 до +2
Максимальний термін зберігання (дні)	
У повітрі	4-7
У модифікованій атмосфері	10-21
Рекомендовані суміші газів	
Рублене м'ясо	25-35% CO ₂ /65-75% N ₂
Цілюнокускове м'ясо	80-100% CO ₂ /0-20% N ₂
Стандартні машини для МГС	
Рублене м'ясо термоформер	(TFFS) та PTLF (упаювання в лоток)
Цілюнокускове м'ясо	камерна машина з термоусадкою
Приклади типових пакувальних матеріалів для МГС	
Пакувальна плівка (верхня частина)	PET/ПУДСЛОPE PA/PVDC/LDPE PC/EVOH/EVA
Лоток (нижня частина)	UPVC/LDPE HDPE EPS/EVOH/LDPE
Пакет-вкладиш та транспортна тара	PA/LDPE PAIEVOH/LDPE

Незважаючи на зазначене обмеження концентрації CO₂, у пізніших дослідженнях зберігання м'яса птиці в модифікованій атмосфері вміст CO₂ перевищував 25% (Мід та ін, 1993). Хотчкісс та ін. (1995) зберігали шматки курячої грудини і ніжок при 2°C або на підкладці, загорнутій у проникну плівку і поміщеній у пакет з високими бар'єрними якостями з 80% вмістом CO₂ в повітрі, або в скляних банках з 0, 60, 70 або 80% вмістом CO₂ в повітрі. Різниця в рівні зараження мікробами (враховувалися життєздатні особи при 22°C) у цельнокускового м'яса, що зберігається в повітрі і в 80% CO₂ за 14 днів зберігання збільшилася в 10 000 разів. Також, у шматків, що зберігаються в CO₂, зберігся запах сирого м'яса і привабливий зовнішній вигляд, за 35 днів зберігання відбулися лише невеликі зміни смакових якостей у приготованого м'яса. вплив на бактерії, який був відсутній при 60% вмісті кисню. При вилученні м'яса із пакетів (з 80% CO₂) залишковий ефект також був відсутній. Его поява приписується розсіюванню CO₂ з упаковки під час зберігання. Саваї та ін. (1995) порівняли вплив атмосфери з 70% CO₂ і з 30% CO₂ на збереження свіжих курячих туш (залишковим газом служив N₂). Вищий рівень вмісту CO₂ при температурі 2-7°C збільшував термін зберігання на 4-5 днів, а при 9°C ніякого ефекту не спостерігалось. Сарантопулос та ін (1996) з'ясували, що термін зберігання потрошених курячих туш у транспортній тарі був на 9 днів довше, ніж у туш, запакованих у повітрі.

Хоча кілька компаній часто використовують для м'яса курки та індички упаковку зі 100% CO₂, невідомо, чи підійдуть ці умови зберігання для м'яса каченят. Мід та ін. (1996) порівняли вплив чотирьох способів упаковки на мікрофлору і стійкість до зберігання шматків каченят при 1°C і відзначили появу негативних змін зовнішнього вигляду (глянсовий або молочний відтінок шкіри), коли шматки були вміщені в упаковку з 20% або 80 %-ним змістом CO₂ в N₂. Даний ефект не спостерігався при 20% вмісту CO₂, в повітрі, проте проявився в атмосфері, що складається тільки з N₂. Така сама ситуація (вплив на підшкірно-жирову клітковину) спостерігалася і зі зберіганням яловичини (Сміт та інших., 1997). В упаковках, що містять повітря з 20% CO₂, зміни смаку і запаху каченяти проявилися лише через 21 день, на відміну від шматків, упакованих у підкладку, обгорнуту плівкою, що пропускає кисень, у яких неприємний запах з'явився вже через 14 днів зберігання.

Для поширення свіжого м'яса в модифікованій атмосфері зазвичай використовуються суміші газів з високим вмістом O₂ для підтримки та насичення червоного забарвлення оксиміоглобіну. Загалом, для птиці використання даної методики не є обов'язковим, оскільки її м'ясо спочатку є дещо бліднішим, якщо шкірний покрив залишається неушкодженим. Однак, якщо шкіра з шматків видалена, додавання O₂, суміш газів стає необхідною для підтримки кольору. При тестуванні впливу різних газових сумішей на термін зберігання охолодженого філе грудинки індички Мід та ін. (1993) використовували рівень O₂ від 10 до 20%. М'ясо потемніло до лососевого кольору лише за більш високих концентраціях O₂. Однак насиченість кольору варіювалася в залежності від типу м'язової тканини, а в деяких випадках рожевий колір зберігався навіть після приготування м'яса, що робило його схожим на сире. Санте та ін. (1994) з'ясували, що м'ясо грудини індички при зберіганні у вакуумі або в 100% CO₂ з додаванням поглиначів O₂ має найкращу колірну стабільність протягом 21 дня зберігання, а за наявності поглиначів CO₂/O₂ рівень мікробіологічного забруднення був дуже низьким.

Хотчкісс (1999) досліджував використання МГС-упаковки для збільшення терміну зберігання четвертин курячої туші. Смак, запах та зовнішній вигляд курки розподілялися за шкалою від 1 до 9, де 9 була найвищою оцінкою якості. За отриманими результатами, свіже заморожене м'ясо птиці псувалося протягом 14 днів, но запах продукту в МГС-упаковці на 14-й день був оцінений В 7,1 бала, а зразок, що зберігається в повітрі - в 3,5. Також було оцінено і смакові якості. Загальний зовнішній вигляд продукту в МГС-упаковці отримав 4,6 бала, а зберігається в повітрі

- 3,0. Хотчкісс припустив, що якщо температуру зберігання знизити до 31°F замість 36° (-0,5°C замість 2,2°C), показники продукту в МГС-упаковці були б ще вищими. Навіть після 35 днів зберігання оцінки продукту в МГС-упаковці були вищими, ніж оцінки продукту, що зберігається в повітрі, після 14 днів. Попит на МГС-продукти після 6-8 тижнів зберігання буде високим, навіть незважаючи на те, що виробники можуть не досягти таких же високих показників, як Хотчкісс в лабораторії.

10.7 М'ясні продукти

10.7.1 - Основні принципи

У зв'язку з різноманітністю м'ясних продуктів, різні формулювання, виробничі процеси, вимоги законодавства до складу продукту, температура і газові суміші, які в одній країні ефективно використовуються для збільшення терміну зберігання, в іншій країні можуть призвести до зовсім інших результатів. Перед вибором відповідної газової суміші та методу упаковки особливу увагу слід приділяти внутрішнім якостям продукту та зовнішнім факторам, що впливають на нього (Таблиця 10.6). Ефективного збільшення терміну зберігання не можна досягти за допомогою тільки газових сумішей. Щоб зрозуміти, чи правильно була обрана газова суміш для упаковки, необхідно дати оцінку терміну зберігання.

Таблиця 10.6 Внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на термін зберігання м'ясної продукції

Внутрішні	Зовнішні
pH	температура
d_w	газове середовище
Первинна мікрофлора	упаковка/пакувальні операції
мікрофлора, що розвивається,	відносна вологість
доступні поживні речовини	процеси приготування
(наприклад, концентрація глюкози наявність не м'ясних інгредієнтів, наприклад, сухарів)	(наприклад, обробка жаром, метод варіння, метод консервування, наприклад, сухе консервування, впорскування)
концентрація та тип консервантів	світло
(наприклад, хлорид натрію, нітрит натрію, метабісульфіт натрію)	
редоксіпотенціал (E_h)	
натуральні гальмівні речовини	
наявність мікробних спор	

Приклади газових сумішей, зібрані з даних, для ознайомлення наведені в Таблиці 10.7. з неї видно, що з ідентичних продуктів рекомендуються протилежні суміші газів. Ефективність впливу газових сумішей збільшення терміну зберігання залежить від низки чинників, зазначених у таблицях 10.6 і 10.8. Необхідно приділяти значну увагу будь-якій можливості виникнення ризиків безпеки. Також слід здійснити оцінку аналізу ризиків критичних контрольних точок (НАССР).

Таблиця 10.7 Газові суміші: м'ясні продукти

Продукт	Газ%	
	O ₂	CO ₂
Бекон, відновлений	<0,5	CO ₂ / N ₂
Бекон, скибочками	-	20-35
Ребра для барбекю		20-40
Яловичина, варена скибочками	10	75
Буше		50
Курка, варена	<0,2	30
Курячі стегна, запечені в паніровці		30
Курка в паніровці швидкого приготування		
Варене м'ясо		20-25
Варене м'ясо		25-30
Вареное м'ясо		20-40
Варене м'ясо, скибочками		80
Варене рубане м'ясо.		20
Солоніна	<0,3	60
Копчене м'ясо		50
Копчене м'ясо		20
Копчене м'ясо		40
Копчене м'ясо, цільнокускове		35
Копчене м'ясо, рубане		20
Сосиски		
Сосиски		100
Шинка		20-35
Шинка, італійська, скибочками		20
Шинка, скибочками	<0,3	60
Карельський пиріг		50
Лазання		70
М'ясна закуска		100
М'ясний пиріг		50
М'ясні пироги		25-50
Паста, фарширована м'ясом (<30% рідини)		50
Паста, фарширована м'ясом		80
Піца (В залежності від топінгу)		30-60
Піца, з шинкою		60
Продукти з птиці		25
Равіолі		20
Ростбіф, скибочками, смажений	10	75
Смажена свинина, скибочками	<0,3	60
Сирний рулет"		50
Салямі		20
Салямі		20-35
Ковбаса, британська свіжа (купати)	<0,5	CO ₂ /N ₂
Ковбаса, британська свіжа (сира, некопчена)	50	50
Ковбаса, скибочками		20-30
Ковбаса, копчена		30
Ковбаса, літня		
Ковбаса, некопчена	40	60
Ковбаса, в'єнська.		20

У Таблиці 10.7 не вказано термін зберігання для продуктів, оскільки вони залежать від факторів, наведених у Таблицях 10.6 і 10.8, які часто не беруться до уваги. Крім того, дані зазвичай отримують у строго контрольованих лабораторних умовах, які можуть відрізнятись від тих. умов, у яких продукт зберігається насправді.

Однак не слід завжди спиратися на такі дані. Наприклад, в одній із статей (Енон., 1991) рекомендувалося включити O_2 до складу газової суміші для пакування бекону, «щоб зберегти червоний колір бекону». Однак замість збереження кольору використання O_2 призводить до швидкої появи сірого забарвлення.

Під час проведення лабораторних тестів на мікробіологію та термін зберігання м'ясних продуктів впливають кілька різних факторів:

- Температурний режим та атмосферні умови
- Спосіб зараження мікроорганізмами
- Концентрація мікроорганізмів
- Бар'єрні властивості упаковки
- Точність показників датчиків
- Точність фізичних та хімічних вимірів
- Матеріал для мікробіологічних проб (поверхня, внутрішня частина продукту)
- Здатність мікроорганізмів до відновлення (деякі, пошкоджені в одних умовах, — мікроорганізми можуть відновитися при зміні, наприклад, температурного режиму зберігання продукту)

Таблиця 10.8 Фактори, що впливають на термін зберігання продуктів у МГС-упаковці.

- Контроль температури: в процесі обробки, пакування, зберігання, транспортування, виставки продукту на прилавок та постачання його споживачеві.
- Контроль гігієни: виконання необхідних процедур у процесі обробки та упаковки; виконання вимог концепції НАССР
- Якість сировини: початкова мікрофлора (фаза розвитку мікроорганізмів) та хімічні умови, наприклад, рівень вмісту пероксиду (PV), рівень вмісту тіобарбітурової кислоти (ТВА), рівень рН
- Підсумковий продукт: інгредієнти
- Час, що минув до моменту упаковки продукту.
- Співвідношення обсягу продукту та газу.
- Газова суміш і залишкова газова суміш (залежно від технології МГС, що використовується)
- Чистота газу
- Рівень проникності упаковки: верхньої частини, нижньої частини/підкладки
- Дизайн упаковки, доступ газу до поверхні продукту
- Співвідношення проникності $CO_2/O_2/N_2$

Органолептичні властивості продукту також є важливим параметром щодо рівня його якості. Напівсуб'єктивна природа органолептичних оцінок може значно ускладнити отримання точних результатів. При проведенні багатьох досліджень впливу MAP на м'ясні продукти такі оцінки не враховувалися або застосовувалася невірна сенсорна оцінка або спосіб приготування. У деяких дослідженнях прийнятність продукту була визначена за

допомогою довільних методик опитування, що значно ускладнило зіставлення даних досліджень. Також великою проблемою є рівень підготовки персоналу, який проводить дослідження. Точне вимірювання тривалості терміну зберігання враховує безпеку продукту та задоволення запитів споживача: «Чи придбає споживач цей продукт знову?» А відповідь це питання може лише сам споживач, тобто група дослідження.

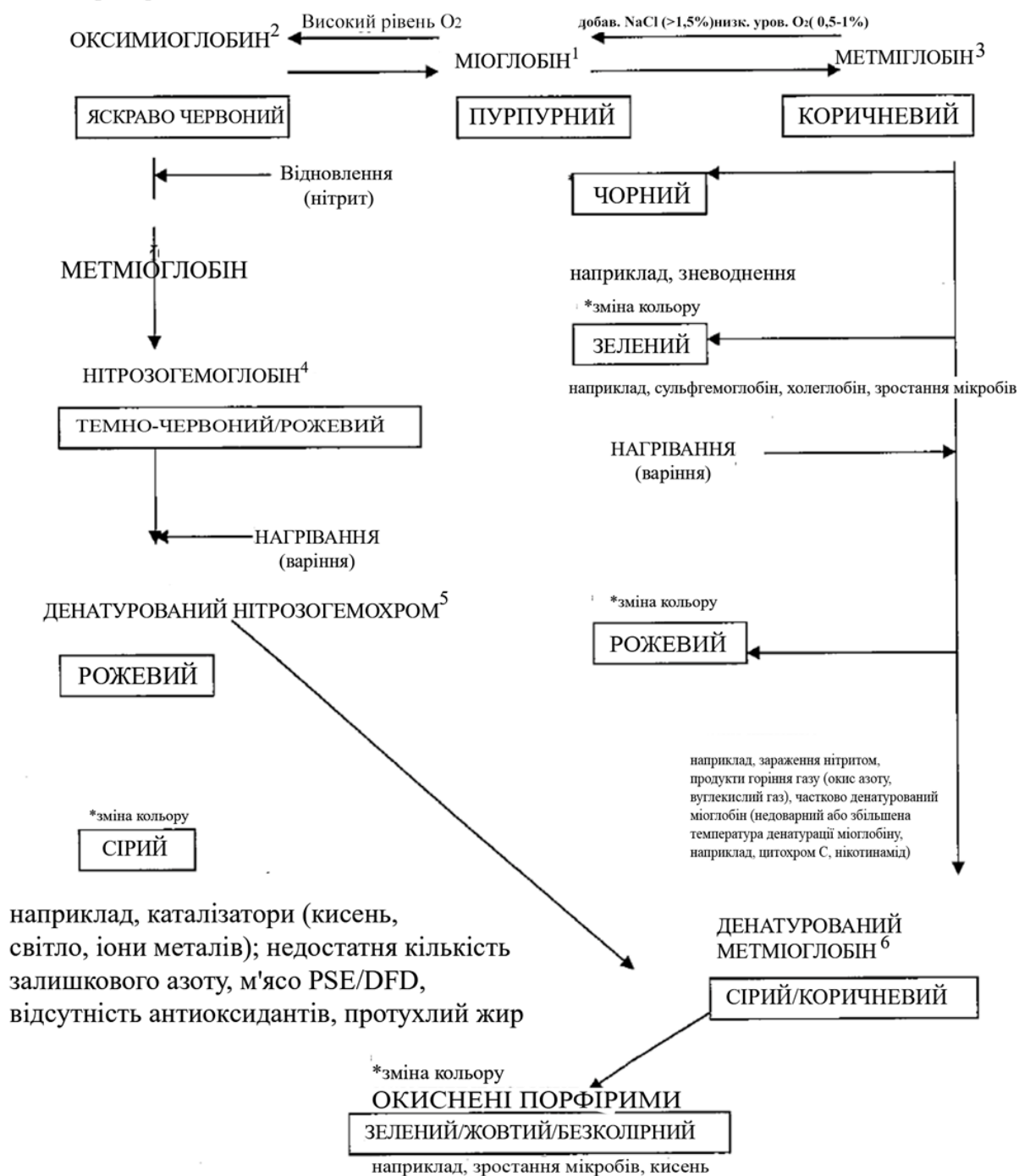
10.7.2 Стійкість кольору копченого продукту.

У сирокопчених продуктів (наприклад, бекон, шинка Парма, саямі) та варено-копченої продукції (наприклад, шинка, солонина, м'ясні закуски) наявність рожевого пігменту «викликано - освітою - нітрозоміоглобіну. При нагріванні нітрозоміоглобін перетворюється на рожевий денатурований нітрозоміоглобін. У присутності кисню утворення кольору у сирого та вареного м'яса сповільнюється. Крім цього, колір у присутності повітря нестабільний. Видалення повітря (наприклад, вакуумна упаковка) або заміщення повітря (наприклад, МГС може допомогти збільшити стійкість кольору у таких продуктів, таким чином, запобігаючи зміні та втраті кольору).

У присутності O_2 нітрозоміоглобін окислюється з утворенням зелених, жовтих або безбарвних окислених порфіринів та розпадом окису азоту, у процесі якого виділяються різні хімічні або вироблені мікробами сполуки. Надалі присутність світла може прискорити проходження реакції, в результаті якої відбувається втрата кольору продукту (зміна кольору на сірий/коричневий) і він стає неприйнятним для споживача.

Низька вологість і висока температура зберігання можуть призвести до потемніння копченого продукту (у свіжого м'яса - до почорніння), що є результатом зміни м'ясних пігментів на поверхні та зневоднення. Уникнути цього можна, використовуючи пакувальну плівку, що практично не пропускає O_2 і випаровування води, і низьку температуру зберігання, а також застосування антиоксидантів. Зазвичай перед виставкою на прилавок продукти у вакуумній упаковці і МГС один або два дні зберігають у темному приміщенні, щоб видалити залишковий вміст шляхом поглинання його зростаючими мікробами (Ранкен, 1994). Це допомагає зберегти колір продукту і подальше зберігання на світлі не відіграє такої важливої ролі. З іншого боку, під час використання металізованих плівок зовнішній вигляд продукту значно зіпсувався. Для видалення залишкового вмісту кисню і запобігання злипання тонко нарізаних скибочок м'яса вакуумні упаковки часто продувають CO_2 або N_2 Спрощений варіант взаємодії пігментів копченого м'яса наведено у Схемі 10.2.

Схема 10.2 *Форми міоглобіну, їх колір та типи м'яса та м'ясних продуктів, для яких цей колір є характерним*



1. яловичина у вакуумній упаковці
2. сира яловичина, зберігання в повітрі або МГС (80% O₂ 20% CO₂)
3. «черстве» свіже м'ясо, зберігання у повітрі
4. неварене копчене м'ясо
5. варено-копчене м'ясо
6. варене м'ясо

10.7.3 Активність води, рівень рН та мікробіологічне псування

Для зростання більшості мікроорганізмів, що впливають на якість м'ясних продуктів, оптимальним для зростання є рівень активності води (a_w) 0,98 (у свіжого м'яса - 0,999). Додавання хлориду натрію (приблизно 2% м/м) у м'ясо при аеробному зберіганні допомагає сповільнити ріст псевдомонад та прискорити розвиток молочнокислих бактерій, таким чином, створюючи мікрофлору, схожу на мікрофлору несолених продуктів у вакуумній упаковці.

Сповільнюючий ефект CO_2 посилюється при зниженні рівня й продукту. Температура зберігання, рівень рН продукту, рівень a_w і концентрація хлориду натрію надають на нього значний вплив. Якщо відомий рівень a_w і рівень рН продукту, можна передбачити стабільність стану продукту за певної температури. Взаємодія інших факторів, таких як конкурентоспроможна мікрофлора, слід брати до уваги. Категорії зберігання м'ясних продуктів, розроблені з урахуванням a_w продукту, наведені в Таблиці 10.9. Наведені дані були отримані з урахуванням того, що обробка продукту проводилася належним чином, і що продукт не схильний до псування, викликаного поширенням дріжджових грибків і плісняви, оскільки вони зазвичай поширюються повільно і не представляють реальної конкуренції для інших мікроорганізмів.

Таблиця 10.9. Категорії зберігання м'ясних продуктів, засновані на рівні a_w

Категорія	Критерій	Температура
Не псується	$a_w \leq 0,95$ и рН $\leq 5,2$ или $a_w \leq 0,91$ или рН $\leq 5,0$	Заморожування не потрібно
Який швидко псується	$a_w \leq 0,95$ или рН $\leq 5,2$	$\leq +10^\circ C$
Легко швидко псується	$a_w > 0,95$ и рН $> 5,2$	$\leq +5^\circ C$

В інших умовах рівні рН і a_w можна дуже точно контролювати. У разі виробництва здійснювати такий контроль складніше. Слід звертати увагу на варіативність процесів виробництва та на вибір процедур запобігання потраплянню неякісної продукції до споживача.

Молочнокислі бактерії, особливо гетероферментативні особини *Lactobacillus*, *Streptococcus* та *Leuconostoc*, є основною причиною появи у сагайданого м'яса зеленого забарвлення. Найбільш поширеною причиною цього є *L. viridescens*. Зміна кольору зазвичай проявляється, коли споживач розкриває упаковку і продукт контактує з повітрям. Кисень стає акцептором водню і призводить до утворення перекису водню; це, своєю чергою, призводить до утворення жовчного пігменту тощо. в результаті окиснення порфіринів. Відповідна температурна обробка та запобігання забрудненню продукту під час нарізки може допомогти уникнути виникнення проблем.

У той час як деякі умови можуть зупинити поширення мікробів, період часу, протягом якого мікроорганізми здатні зберігати життєздатність, також відіграє важливу роль у оцінці їх впливу на псування і безпеку продукту. Якщо умови дозволяють мікроорганізмам передавати найбільш важливі поживні речовини, необхідні для їх існування, вони можуть зберігати життєздатність, навіть якщо можливості для зростання відсутні. Якщо пізніше умови (наприклад, температурний режим) стають сприятливими для зростання, ці організми почнуть розвиватися.

Зміни кольору (наприклад, вказані в Таблиці 10.10) можуть бути неправильно приписані до системи упаковки. Можна посперечатися з тим, що причиною певних дефектів є вибірковий вплив пакувальної системи на мікрофлору, що розвивається, особливо, якщо обробка продукту проводилася некоректно. Уїтлі та Д'Соуза (1999) виявили появу невеликих жовтих плям на м'ясних закусках після трьох або чотирьох тижнів зберігання у вакуумній упаковці. Це було викликано поширенням *Streptococcus faecium*, підвидом *casseliflavus*. Однак подібна проблема не повторилася, коли процес температурної обробки збільшився з 20 до 30 хв. за 71,1°C. Рекомендації CCFRA (Шоу, 1995) за МГС-упаковкою для копчених та/або варених м'ясних продуктів наведено в Таблиці 10.11.

Таблиця 10.10 Псування копчених м'ясних продуктів, викликана діяльністю молочнокислих бактерій

Проблема	Опис та причина	Контроль за допомогою упаковки	Інші можливі способи усунення
Скисання	Основний механізм псування: надмірне виробництво кислоти внаслідок наявності великої кількості бактерій особливо на скибочках м'яса в упаковці	Ні	Поліпшити процес виробництва. Зменшити: (а) термін зберігання, (б) температуру зберігання, (в) кількість додаваного вуглеводу
Утворення слизу	Сахароза у копчених продуктах може бути перетворена на слиз, наприклад, діяльністю лактобацил	Ні	Не застосовувати - для копчення сахарозу, однак через це може, наприклад, виникнути загроза безпеки продукту
Поява зеленого забарвлення	Виробництво перекису водню, що взаємодіє з пігментами м'яса і утворює зелений пігмент колеглобін (сирий), вердогемокром (варений). Проблеми найчастіше виникають деякого типу сосисек, шинки, болоні	Так, необхідно упаковувати в газонепроникну плівку. Зелене забарвлення може проявитися при нарізанні через контакт м'яса з киснем. Проблеми зазвичай виникають через 5-10 днів після обробки. Можуть супроводжуватись утворенням слизу.	Якщо причина забруднення після приготування, внести зміни в процес приготування. Якщо викликано ферментами, використовувати мікроококи для знищення пероксидів
Плями кольору хаки/коричневі	Надлишкова кількість нітриту.	Ні	Контроль складу розсолу та упорскування
Коричнева/роздута упаковка	Надмірне утворення CO ₂ викликане окремими типами молочнокислих бактерій та дріжджовими грибами; може призвести до здуття або розриву упаковки	Так. Необхідно використовувати плівку, яка не пропускає CO ₂ .	Зменшити кількість вуглеводів, доступних для зростання. Якщо є продуктом ферментів, використати інші стартові культури. Може виникнути загроза безпеці продукту

Таблиця 10.11

Інформація та рекомендації щодо використання МГС для пакування копчених та/або варених м'ясних продуктів

Основні види варених, копчених та готових м'ясних продуктів

Бекон, шинка, рубана свинина та шинка, м'ясні закуски, варені, копчені скибочки м'яса, Яловичий язик, солонина, ковбаса мортадель, сосиски, салями, продукти пастрами та пепероні, паштети, страви з м'яса птиці, консервоване м'ясо, рулети

Основні механізми псування продукту

1. Поширення мікробів, наприклад *Brochothrix* spp., *Acinetobacter/moraxella* spp., лактобацили, ентеробактерії, дріжджові грибки та пліснява
2. Зміна кольору копчених м'ясних - продуктів (з червоного/рожевого на коричневий/сірий/зелений)
3. Окислювальна прогорклість

Можливість харчового отруєння

Staphylococcus aureus, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* і *Escherichia coli*

Рекомендована температура зберігання (°C)

від 0 до +3
(Зауваження: салями, пепероні і т.д. можуть бути стійкі до впливу довкілля залежно від складу)

Максимальний термін зберігання

Варені та копчені м'ясні продукти

В повітрі

1-3 дні

У модифікованій атмосфері

3-7 дні

Салями, пепероні і т.д.

В повітрі

3-6 місяців

У модифікованій атмосфері

4-8 місяців

Рекомендовані суміші газів

Рубане м'ясо

20-35% CO₂/65-80% N₂

Ціліснокускове м'ясо

50-75% CO₂/25-50% N₂

Стандартні машини для МГС

Рубане м'ясо

термоформер (TFFS) і PTLF (упаковка в лоток)

Ціліснокускове м'ясо

Камерна машина з термоусадкою

Стандартна форма упаковки

Рублене м'ясо (попередня упаковка)

підкладка та пакувальна плівка та упаковка типу «подушка»

Ціліснокускове м'ясо

пакет-вкладиш та транспортна тара

Приклади типових пакувальних матеріалів для МГС

Пакувальна плівка (верхня)	PET/PVDC/LDPE PA/PVDC/LDPE PC/EVOH/EVA
Лоток (нижня)	UPVC/LDPE HDPE EPS/EVOH/LDPE
Пакет-вкладиш та транспортна тара	PA/LDPE PA/EVOH/LDPE
НFFS - горизонтальна система «термоформа/наповнення/варіння»	

10.8 Вплив МГС на окремі м'ясні продукти

У зв'язку з відмінностями методів обробки м'ясних продуктів у різних країнах вплив МГС на окремі м'ясні продукти наводиться тільки в цьому розділі. Ця тема також розглядалася Гудберном і Халліганом (1998), Джоунсом (1999), Броуді (1999), Авенайненом (1999) та Оорайкулом та Стайлзом (1991). Огляд різних м'ясних продуктів та існуючих методів виробництва можна знайти у Ранкена (1994) та Кроса та Овербі (1988). Вивчення впливу на мікрофлору, що розвивається, проводилося Міжнародною комісією з вивчення мікробіологічних особливостей харчових продуктів (ICMSF, 1990a, b), Брауном (1992), Норрісом і Петтіфером (1997) та Фарбером (1991).

10.8.1 — Бекон

Концентрації хлориду натрію, що застосовуються в сирокочених м'ясних продуктах (прибл. 2-3% м/м), мають на деякі мікроорганізми бактеріостатичну дію. Розвиватися в цих умовах здатні толерантні до наявності солей мікроорганізми (до яких входять лактобацили, *Sacring*, деякі види *Spirillae* та *Vibrio spp.*, флавобактерії та мікрококи). Зростання мікроорганізмів-збудників кишкових захворювань можна контролювати за допомогою хлориду натрію, нітриту натрію, рівня рН, антипатогенної мікрофлори та температури. Якщо продукт недостатньо охолоджений, на ньому можуть розвинути стафілококи, особливо якщо антипатогенна мікрофлора була пригнічена в процесі приготування.

Для бекону (копченого чи ні) зазвичай використовується вакуумна упаковка або МГС-упаковка. Здебільшого різниці між термінами зберігання продукту в обох типах упаковки немає. Толерантна до хлориду натрію мікрофлора копчених продуктів допомагає придушити зростання грамнегативних протеолітичних мікроорганізмів і деяких мікроорганізмів, що викликають псування продукту, наприклад, *Salmonella spp.* На зріст та здатність виробляти токсини інших мікроорганізмів, наприклад, стафілококів, впливають температура зберігання, склад газової атмосфери та характеристики продукту. Зазвичай, на пісному м'ясі бекону утворюється кисломолочне середовище, але в жирних ділянках розвиваються мікрококи (ICMSF, 1980b).

Деякі вчені виявили невелике збільшення стійкості кольору, яка залежить від складу продукту (наприклад, залишкова концентрація нітриту), бар'єрних якостей плівки та залишкового вмісту O₂ в упаковці, продуктів у МГС-упаковці. Основною перевагою використання МГС-упаковки є відсутність злипання скибочок бекону. Газові суміші, що

застосовуються для МГС-пакування бекону, або складаються з 100% N², або є сумішшю CO₂/N₂ (зазвичай використовується поєднання 30% CO₂ та 70% N₂). За твердженням компанії Danepak (Енон., 1994), рівень O₂ - менше 0.2%, а рівень CO₂ становить +/-2% від оптимального рівня для МГС-упаковки бекону.

Термін зберігання копченого бекону також залежить від методу копчення, на який найчастіше впливає фенольна складова диму (яка надає антиокислювальне та антимікробну дію) (Тот і Поттхаст, 1994).

Спенсер (1997) зазначає, що при використанні вакуумної упаковки було уповільнено зростання *Staphylococcus aureus* на беконі. Він приписує уповільнення впливу CO₂, рівень якого за час зберігання зріс до 50%, і відзначає ще більше збільшення рівня вмісту CO₂ у некопченого бекону. Дослідження мікробного середовища показали, що таке збільшення вмісту CO₂ не могло бути спричинене лише метаболізмом мікробів; частково: це було викликано метаболізмом м'язової тканини свинини.

10.8.2 - В'ялена яловичина

За деякими даними, термін зберігання в'яленої яловичини можна подвоїти шляхом упакування в алюмінієві банки, герметизовані за допомогою N₂ (Енон., 198). Перед закриттям у вільний простір усередині наповнених банок вводили рідкий азот. Випаровування азоту допомагає герметизувати банку, дозволяючи використовувати більш тонкі бічні стінки, і повністю видаляє з вільного простору O₂. Крім цього, використання N₂ дозволяє знизити корозію банки під час зберігання.

В'ялена яловичина з рівнем O₂ > 0,80 вважається більш прийнятною з органолептичної точки зору. Однак такий рівень a_w може сприятливо позначитися на зростанні цвілі, що викличе необхідність застосування поглиначів O₂. Без використання поглиначів O₂ і при рівні вище 0,70 зростання бактерій *Aspergillus glaucus* призводить до псування пров'яленого м'яса, нарізаного смужками.

10.8.3 - Смажена яловичина

МакДеніел та ін. (1984) вивчали вплив вакуумної упаковки зі 100%-ним вмістом CO₂ і з 15% CO₂/30%O₂/55% N₂ на смажену яловичину (шматки по 1-1,5 кг; температура всередині при жарінні - 60 ° C). Протягом 21 дня яловичину зберігали за температури +4°C. Кількість мезофільних і психротрофних мікроорганізмів через 7 днів було одним і тим же, незалежно від виду упаковки. Через 21 день вміст мезофільних та психротрофних мікроорганізмів на яловичині у вакуумній упаковці значно (p < 0,05) перевищувало кількість мікроорганізмів на яловичині в упаковці зі 100% вмістом CO₂. Кількість мікробів на яловичині в упаковці з 15% CO₂/30%O₂/55% N₂ була вищою, ніж у яловичини в упаковці зі 100% CO₂ але не настільки високим, як у яловичини вакуумної упаковки.

Однак після 14 днів зберігання обидва шматки в упаковці з газовою атмосферою виявилися неприйнятними з органолептичної точки зору, тоді як яловичина у вакуумній упаковці залишалася прийнятною навіть через 21 день. Було проведено сенсорну оцінку яловичини, яку на ніч залишили на повітрі, потім розігріли в мікрохвильовій печі протягом 1 хв. та тримали під лампою високої температури до моменту проведення оцінки. Цілком можливо, що саме процедура проведення оцінки вплинула на отримані результати. Цей факт лише підтверджує необхідність стандартизації та використання реалістичних методик для оцінки впливу процесів обробки на сенсорні якості продукту.

Хінтліан і Хотчкісс (1987) досліджували вплив на смажену яловичину використання МГС-упаковки з наступною атмосферою: 75% CO₂/25% N₂; 75% CO₂/2% O₂/23% N₂; 75% CO₂/5% O₂/20% N₂; 75% CO₂/10% O₂/15% N₂; и 75% CO₂/25% O₂. Вони з'ясували, що серед усіх досліджуваних видів атмосфери є найбільш ефективною для уповільнення росту *P. fragi*, *Salmonella typhimurium*, *S. aureus* та *C. perfringens*. При температурі 26,7°C уповільнювального впливу на зростання *C. perfringens* не спостерігалось в жодному з видів атмосфери. При 12,8 °C зростання *C. perfringens* сповільнився тільки в атмосферах з помірним вмістом O. Так само *C. perfringens* здатні рости на повітрі. Споживання кисню — допомагає створення анаеробної атмосфери; рівень вмісту кисню в упаковках, що містять повітря, при цьому знизився до < 1% за 13 днів.

На необсемененій яловичині анаеробних мікроорганізмів виявлено був. Кількість цвілі на яловичині в упаковці, що містить повітря, через 42 дні досягало 10⁶ життєздатних особин (cfu) на грам, а на зразках в МГС-упаковці її не виявилось. Такі результати підтверджують отримані раніше дані про те, що висока концентрація CO₂ сповільнює вплив на зростання плісняви. Загальна кількість аеробів співвідносна з кількістю цвілі. Поява плісняви, мабуть, була викликана зараженням продукту спорами після приготування та перед упаковкою.

За даними сенсорного аналізу, якість смаженого м'яса після зберігання в МГС-упаковці була гірша, ніж якість свіжоприготовленого м'яса. Смакові зміни м'яса в МГС-упаковці могли бути викликані окисленням (наприклад, розігрітий продукт), а не мікробіологічними змінами.

Отримані дані доводять правильність твердження про те, що у більшості випадків зберігання продуктів у МГС-упаковці при кімнатній температурі не дає бажаного результату і не може бути гідною альтернативою охолодженню. Використання МГС-упаковки у поєднанні з кімнатною температурою стає ефективним лише в тому випадку, коли зберігання м'ясних продуктів при температурі навколишнього середовища є безпечним.

Карр і Марчелло (1986) також досліджували вплив МГС-упаковки (15% CO₂/40% O₂/45% N₂) та вакуумної упаковки на смажену яловичину, нарізану скибочками. При 6 і 10 °C розвиток психротрофних бактерій (загальна кількість на пластині з агар-агару (РСА) при 4 °C через 12 днів) сповільнився у вакуумній, але не в МГС-упаковці. При 2°C ситуація була прямо протилежною, підтверджуючи таким чином ефективний вплив CO₂ та зниженої температури. На зростання мезофілів, термофілів та плісняви тип упаковки впливу не вплинув. Однак у скибочок приготованого м'яса при зберіганні в атмосфері, що складається з суміші газів, всього через 4 дні з'явився неприємний запах, у той час як упаковані у вакуум скибочки залишалися пурпурово-рожевими протягом 12 днів перед тим, як виявилася легка втрата кольору. У м'яса в упаковці з модифікованою атмосферою при температурі 10°C неприємний запах з'явився через 7 днів, а у продукту у вакуумному впакуванні — лише через 21. Ймовірно, для ефективного збільшення терміну зберігання смаженої яловичини необхідно застосовувати газові суміші з рівнем вмісту CO₂, що перевищує 15%.

У пізніших дослідженнях Карр і Марчелло (1997) порівнювали різні газові комбінації (15% CO₂/40% O₂/45% N₂; 15% CO₂/20% O₂/65% N₂; 15% CO₂/10% O₂/75% N₂) з вакуумною упаковкою. Після 4 днів зберігання при температурі 4+/-0,5°C зростання психротрофних аеробів не спостерігалось. Через 9 днів, розвиток цих мікробів почався на скибочках м'яса в упаковці, що містить O₂ в упаковці з 15% CO₂/20% O₂/65% N₂ спостерігалось швидке зростання даних мікроорганізмів, з чого випливає, що атмосферний вміст кисню є більш сприятливим для зростання бактерій, ніж 10% або 40% O₂. У вакуумній упаковці розвиток психротрофної мікрофлори розпочався вже за 12 днів. Оскільки процес приготування даного продукту є згубним для психротрофів, зростання, що спостерігалось, могло бути результатом повторного

забруднення продукту, що означає необхідність суворого контролю операцій з упаковки. Існують спеціальні інструкції, що містять вказівки щодо правильного застосування МГС-упаковки та догляду за продуктами в такій упаковці (Дей, 1992).

Дані сенсорного аналізу показали, що після 15 днів зберігання смаженої яловичини в МГС-упаковці у продукту з'явився неприємний присмак, а через 12 днів поверхня яловичини стала сухою. Тип упаковки не вплинув на стійкість кольору продукту, хоча деяка втрата кольору все ж спостерігалася.

10.8.4 - Пиріжки з яловичим фаршем.

Бентлі та ін. (1999) вивчали термін зберігання пиріжків з яловичим фаршем у вакуумній упаковці або в упаковці продутої газом (100% N₂ або 100% CO₂). Сенсорні показники пиріжків в упаковці зі 100% CO₂ оцінили досить високо. У зразків у вакуумній упаковці спостерігалися великі втрати вологи (прибл. 4,8% м/м порівняно з 3,5% м/м в упаковці зі 100% CO₂ і 2,9% м/м — зі 100% N₂). Після 21 дня зберігання при +2°C усі зразки були прийнятні, а зареєстрована кількість мікроорганізмів не перевищувала 108 cfu/gr⁻¹, а основні результати сенсорного аналізу та зовнішніх показників (поліпшення кольору під час зберігання), найкращим варіантом був продув упаковки 100% CO₂. При такому зберіганні якість пиріжків залишалася прийнятною протягом 7 днів при температурі не вище +2°C (на основі результатів - сенсорного та мікробіологічного аналізу). Дані щодо залишкового змісту O₂ не наводилися.

10.8.5 - Британські свіжі ковбаски (купати).

Додавання до Британської свіжої ковбаси сульфіту або піросульфіту для утворення 450 мг/л сірчистого газу (SO₂) у поєднанні з низькою температурою та низьким тиском O₂ в емульсії м'яса пригнічує зростання грамнегативних бактерій, таким чином збільшуючи термін зберігання ковбаси.

Різні компоненти мікрофлори виявляють різну толерантність до SO₂, найбільш толерантними є дріжджові грибки, потім слідує *V. thermosphacia* і лактобацили. Стеннард та ін (1998) сформулювали основні вимоги до додавання в ковбасу сульфідів. Вони з'ясували, що додавання 200 мг/л у ковбасу зі свинини допомагає уповільнити процес псування при зберіганні продукту при 2°C на 14-16 днів. Однак при вищій температурі зберігання (5°C, 10°C) і на ковбасі з яловичини цей ефект виявлявся не так явно. Концентрація SO₂ у ковбасі значно впливає на мікробні спільноти та підсумкову патогенну мікрофлору (Стеннард та ін, 1998). При низькому рівні вмісту сульфіту основним мікроорганізмом, що викликає псування продукту, служать бактерії *V. thermosphacta*, але при високому рівні вмісту сульфіту домінують дріжджові грибки та молочнокислі бактерії. Бенкс та Боард (1992) відзначили консервуючий вплив сульфіту на зростання ентеробактерій та *Salmonella spp.*

Сульфіти мають мікробіцидну та мікробістатичну дію, яка найсильніше виявляється при рівні рН нижче 4 (тобто, при вільному стані SO₂) і виявляється найбільш ефективним проти грамнегативних бактерій при нормальному рівні рН м'яса. Сульфіти впливають на окремі складові клітин, включаючи жирні кислоти клітинної мембрани, ензими та нуклеїнові кислоти. Грамнегативні бактерії виявляють найбільшу чутливість, за ними йдуть грампозитивні організми та дріжджові грибки. Отже, незважаючи на те, що грамнегативні окисні та ферментативні бактерії часто є основним елементом початкової мікрофлори, в більшості

випадків відразу після виробництва ковбаси переважають грампозитивні організми, які утворюють специфічну мікрофлору, в якій домінують *V.thermosphacta*. У деяких випадках розвивається дещо інша мікрофлора (Дауделл і Боард, 1991), у якій домінують інші грампозитивні організми, чи дріжджові грибки, чи грамнегативні бактерії.

Існує думка, що у зв'язку з тим, що в мікрофлорі Британської свіжої ковбаси домінують грампозитивні бактерії або дріжджові грибки, використання вакуумного пакування не дасть бажаного результату зі збільшення терміну зберігання. Проте, Адамс та інші (1997) довели, що це позиція неправильна. При проведенні їх досліджень Британську свіжу ковбасу упаковували у вакуум з використанням плівки з високими бар'єрними властивостями або загортали в липку плівку. У другому випадку спостерігалось різке зростання загальної кількості мікроорганізмів (до 10^8 ofu на g^{-1} за 5 днів при температурі $6^{\circ}C$). Основним мікроорганізмом, що викликає псування, виявився *V. thermosphacta*. Через 9 днів з'явився запах дріжджів, слиз на поверхні, а загальна кількість дріжджових грибків досягла 10^7 ofu на g^{-1} . А у ковбаси у вакуумній упаковці, навпаки, хороші показники (запах та зовнішній вигляд) зберігалися протягом 20 днів.

Через 9 днів загальна кількість *V. thermosphacta* та дріжджових грибків була меншою (відповідно до $1,5-2,0 \log_{10}$), ніж при аеробному зберіганні. Основним видом мікроорганізмів, що викликають псування, стали молочнокислі бактерії, а залишкова кількість дріжджових грибків становила приблизно 10% сйу на г протягом усього терміну зберігання. Через 30 днів виник кислий присмак. Кількість *S. aureus* та ентеробактерій залишалось на низькому рівні (10^2 ofu на g^{-1}) протягом усього терміну зберігання обох випадках; наявності клостридій та псевдомонад виявлено не було.

Під час зберігання велися спостереження за консервантом сульфітом. Рівень вмісту сульфіту різко знизився при аеробному зберіганні, і через 7 днів, безпосередньо перед початком процесу псування, його зовсім не спостерігалось. При використанні вакуумного пакування протягом більш тривалого періоду зберігання спостерігався вищий рівень вмісту сульфіту; через 20 днів - 40 мг/л. через 27 днів, з появою псування, сульфіту немає. Втрати сульфіту віднесли до сполучної дії дріжджових грибків, оскільки, чим нижчим був рівень вмісту цих трибків у вакуумній упаковці, тим вищий рівень вмісту сульфіту.

Кенні і Конкоран (1996) повідомляють, що термін, протягом якого органолептичні показники ковбаси зі свинини, що містить 400 мг/л SO_2 , залишаються прийнятними, при зберіганні продукту при $+5^{\circ}C$ можна збільшити від 8 днів (при аеробному зберіганні) до 10 днів (при упаковці з 50% CO_2 та 50% O_2). Якщо повністю видалити SO_2 , якість ковбаси залишається прийнятною протягом трьох днів (аеробне зберігання) або шести днів (упаковка з газовою атмосферою). Даних про можливість упаковки пропускати мікроорганізми або газ не повідомлялося.

Легаретта та інших. (1998) досліджували вплив 15 різних комбінацій $CO_2/O_2/N_2$ на Канадську ковбасу для сніданку. Вони дійшли висновку, що упаковка з 60-80% CO_2 та 20-40% N_2 дозволяє найбільш ефективно збільшити термін зберігання продукту. Поліпшення стійкості кольору спостерігалось у разі, коли вміст в упаковці O_2 перевищував 40%.

10.8.6 - М'ясний хліб

Авенайнен та ін. (1986) проводили вивчення впливу сумішей газів (100% N₂ і 20% CO₂/80% N₂) та аеробного зберігання на термін зберігання м'ясного хліба. При 5°C найбільшим рівень зростання аеробної мезофільної флори та лактобацил на м'ясному хлібі був при упаковці зі 100% N₂ (10⁶ cfu на 1 г⁻¹ через 15 днів). Основним мікроорганізмом, що викликає псування, служили лактобацили. В упаковці з газовою атмосферою наявності дріжджових грибків і плісняви не спостерігалось, однак їх вміст на поверхні продукту при аеробному зберіганні досягало 10³ cfu на 1 г⁻¹ за 14 днів. Органолептичні показники м'ясного хліба в упаковці з повітрям через 14 днів значно погіршилися і стали неприйнятними (з'явився гіркий присмак), у той час як у продукту в упаковці, що містить газову суміш, продукт залишався прийнятним навіть через 35 днів.

10.8.7 — Сосиски

Симард та ін (1993а) повідомили, що термін зберігання сосисок в вакуумній упаковці можна збільшити, використовуючи продув 100% N₂. Дані обсягу вільного простору в упаковці не наводилися. Для Канадських сосисок використовувалися або вакуумна упаковка, або зворотний продув 100% N₂ і упаковка в багатошарові пакети (пропускає O₂ - 8 см³ на м² в день при 4°C; пропускає CO₂ - 124 см³ на м² в день при 25°C і пропускає воду - 18,6 см³ на м² в день при 37°C і 100% рівні відносної вологості). Показники сосисок у вакуумній упаковці перестали бути прийнятними вже через 7 днів при 7°C або через 21 день при -4°C через негативні зміни кольору, наприклад, придбання зеленого або коричневого забарвлення. Органолептичні показники сосисок в упаковці, продутий N₂, залишалися прийнятними після 35 днів зберігання при 7°C. Значної різниці в кількості лактобацил, психротрофних і анаеробних бактерій, що містяться на сосисках у вакуумній і продутий упаковці, а також в упаковці, що зберігається на світлі або в темряві, виявлено не було (Симард та ін, 1993b). Деякі вчені помітили, що світло впливає на рівень розвитку мікробів; Марріот та ін. (1997) виявили, що кількість мікробів на м'ясі, що піддається впливу світла, і зберігається при температурі -1°C, була вищою, ніж на м'ясі, що зберігається в темряві. Однак, причиною цього міг стати парниковий ефект, викликаний теплою світлового випромінювання. Марріотт та ін (1997) не повідомляли температуру поверхні м'яса. На їхню думку, продув N₂ особливо ефективний для уповільнення росту плісняви та дріжджових грибків, що суперечить результатам досліджень інших вчених.

Крістофер та ін. (1999) приписують розбіжність у думках щодо прояву непрямого впливу N₂ на зростання мікробів на м'ясних продуктах наступним факторам:

- Природі м'ясних продуктів (наприклад, умов обробки, складу продукту);
- Набір коштів та умов для встановлення чисельності;
- Методам взяття проб;
- Чистота газів.

Деякі відмінності можуть бути викликані здатністю пакувальної плівки пропускати гази, початковим станом мікрофлори та фазою зростання мікроорганізмів на момент пакування (Гілл та Ген, 1990). Однак залишковий рівень вмісту O₂ в упаковці після її заварювання слід також брати до уваги.

У вакуумній упаковці був виявлений високий рівень вмісту O_2 (приблизно 13-19% м/м через 1 день після упаковки): можливо, саме це вплинуло на отримані результати. Рівень вмісту O_2 в упаковці, продутий N_2 , в день упаковки становив приблизно 0-6%, а в вакуумній упаковці через 49 днів після заварювання - приблизно 13-19%. Наприкінці терміну зберігання в упаковках N_2 рівень вмісту O_2 становив приблизно 12-23%, що суперечило даним, отриманим в результаті інших досліджень. У вакуумних упаковках наприкінці терміну зберігання вмісту O_2 не було виявлено. В упаковках, продутих N_2 , що зберігаються при $7^\circ C$, рівень вмісту CO_2 становив приблизно 5-8%.

Еган і Робертс (1997) повідомили, що продув упаковки з сосисками 100% CO_2 може допомогти запобігти утворенню рідини молочного кольору, викликане зростанням дріжджових грибків, а також уникнути деформації продукту у вакуумній упаковці. Роулінсон (1991) повідомив, що 100% вміст CO_2 уповільнює вплив на зростання бактерій на варено-копчених м'ясних продуктах при $4^\circ C$, подібне впливу 100% N_2 . Однак, при зберіганні упаковок при кімнатній температурі, що сповільнює ефект, не спостерігалось, що ще раз підтвердило необхідність суворого контролю температурного режиму зберігання.

10.8.8 — Шинка

Останнім часом у результаті споживчого попиту та рекомендацій щодо охорони здоров'я рівень вмісту хлориду натрію в різних м'ясних продуктах знизився приблизно на 1% (м/м), з приблизно 3% у середині 1990-х рр. до 2% або менше (Софос, 1995). Внаслідок цього у таких продуктах, як шинка, знизився і рівень вмісту солі. Проводилися деякі дослідження впливу зниженого рівня вмісту солі на мікробіологію продукту. За результатами досліджень рівня вмісту хлориду натрію в приготованій шинці, що продається на ринку роздрібною торгівлі в Сполученому Королівстві, показники варіювалися від 1,7 до 3,9% (м/м) (α_w 0.975-0.965); однак, вивчення шинки зі зниженим рівнем вмісту хлориду натрію не проводилося (Найт та Вуд, 1990).

Хлорид натрію додають у м'ясні продукти з кількох причин:

- він відіграє роль консерванту, знижуючи рівень α_w і допомагаючи уповільнити зростання організмів, що викликають псування, і знизити рівень виробництва *S. bofulinum* токсинів при взаємодії нітритів, тепла та кислоти;
- він знищує міофібрилярні протеїни, в основному міозин і актин, які за наявності тепла чинять зв'язуючий вплив на шматки м'яса і дозволяють контролювати втрати в процесі приготування;
- для надання продукту солоного присмаку.

Найт і Вуд (1990) виявили різницю між окремими шматками шинки, відзначаючи, що з надто сильному зниженні середнього рівня вмісту солі можна виробляти шинку, що містить незначну кількість солі захисту від зараження мікробами. В інших м'ясних продуктів також було виявлено різні рівні вмісту солі. Барк та ін (1995) повідомляють, що рівень вмісту солі в окремих шматках бекону, зроблених з однієї частини філе, варіювався від 1,1 до 5,2% (м/м). Проте Найт і Вуд (1990) повідомили, що реальний рівень вмісту солі в продукті здебільшого перевищував показники, отримані внаслідок досліджень, тобто у випадках, коли рівень концентрації натрію хлориду в кінцевому продукті оцінювався за кількістю введеного розсолу. Відмінності у показниках різних шматків були приписані:

- відмінностям у рівні ін'єктування у процесі приготування;
- природним відмінностям у здатності м'язової тканини різних або однакових тварин утримувати сіль та воду;
- відсутність урахування втрат води та солі в процесі приготування та втрат води під час нарізки перед упаковкою.

Баркер і Вудс (1990) дійшли висновку, що зниження рівня вмісту хлориду натрію у шинці у вакуумній упаковці призводить до збільшення здатності до зростання організмів, що викликають харчове отруєння. Це відбувається шляхом збільшення здатності мікроорганізмів до зростання при заданій температурі, або при появі у них здатності до зростання при більш низькій температурі. Зниження рівня вмісту у шинці у вакуумній упаковці хлориду натрію з 3% до 1% (м/м) призвело до збільшення рівня росту організмів, що викликають харчове отруєння: *S. typhimurium*, *Yersinia enterocolitica* та *L. monocytogenes*. На їхню думку, виробники повинні звертати особливу увагу на можливі наслідки рецептурних змін, особливо коли ці зміни є результатом тиску споживчого попиту та засобів масової інформації з вимогою знизити кількість харчових добавок, відомих своїми антимікробними властивостями.

Стеджеман та ін. (1998) досліджували тепловий опір *L. monocytogenes*, доданих у шинку. Згідно з отриманими результатами стандартні температурні режими зберігання є найбільш оптимальними для отримання шинки, не зараженої *Listeria spp.* Однак, при видаленні початкової захисної упаковки, будь-які м'ясні продукти, готові до вживання, можуть зазнати зараження в процесі нарізки і повторної упаковки. Глас і Дойл (1999) з'ясували, що на прийнятній з органолептичної точки зору шинці (рН 6,3-6,5) через 4 тижні зберігання при температурі 4,4 °С популяції *L. monocytogenes* досягли 10^5 - 10^6 cfu на г⁻¹, що означає, що для запобігання зростанню *Listeria spp.* на шинці виробники не можуть повністю покладатися на комбінацію використання вакуумної упаковки та зберігання при зниженій температурі. Альтернативою може бути продув CO₂ (Силликер, 1991); однак, повна оцінка ефективності даного методу поки проведена не була. Знижений рН м'ясного продукту також може допомогти призупинити зростання *L. monocytogenes*. При виробничих процесах нарізки та пакування готової продукції необхідно дотримуватися «здорового глузду», проте переоцінювати його важливість не слід.

Анджанеюлу і Шмідт (1996) проводили дослідження продува упаковки O₂, CO₂ та закисом азоту (N₂O) та використання вакуумного пакування шинки з газовими сумішами, що складаються із 35% CO₂/65% N₂; 35% CO₂/65% N₂O; 100% CO₂; 100% N₂O та 95% CO₂/5% N₂O. Найбільш ефективною з досліджуваних методик виявився продув 100% CO₂ шматки шинки залишалися прийнятними через 30 днів зберігання при 3-5°C. Анджанеюлу і Шмідт не виявили збільшення кількості особин мікробів на шинці, що зберігається у 100% CO₂, що суперечить результатам, отриманим іншими дослідниками (Авенайнен, 1999). Склад шинки, деталі теплової обробки та органолептичні дані у результатах досліджень не наводилися. Продув N₂O не сприяв зниженню рівня росту мікробів і надав несприятливий вплив на колір шинки. Андерсен та ін. (1990) з'ясували, що продув CO₂, та упаковка при невеликому надмірному тиску дозволяють уникнути втрати кольору упакованих у вакуумі скибочок шинки, які внаслідок фотоокислення пігментів нітрозоміоглобіну протягом перших 24 годин зберігання продукту у світлому приміщенні. Стійкість кольору під час зберігання також значно покращала. Не вдалося уникнути фотоокислення при використанні вакуумної упаковки

шинки або при використанні продування CO₂ і подальшої вакуумної упаковки без надлишкового тиску у випадку, коли продукт не витримували в темряві протягом 4 днів перед виставленням на світло. Фотоокислення відбулося, незважаючи на вміст в упакованій шинці 200 мг/л натрію хлориду і 350 мг/л аскорбату натрію. Ранкен (1994) повідомив, що залишковий вміст нітриту натрію 15-20 мг/л допоміг забезпечити стійкість кольору вареної шинки при зберіганні (40-70 мг/л для бекону). Однак до уваги також слід приймати відмінності в процесі обробки, склад розсолу (наприклад, додавання аскорбату), залишковий вміст O₂ і здатність пакувальної плівки пропускати O₂.

Андерсен та ін. (1990) встановили, що ефективність видалення O₂ у процесі упаковки має критичне значення для стійкості кольору продукту. До альтернативних методів запобігання фотоокислення відносяться упаковка в металізовану плівку і додавання багатошарову плівку UV-фільтрів. Однак, при використанні (фільтрів UV-фільтрів необхідно переконатися в тому, що вони не впливають на здатність плівки пропускати O₂ Деякі виробники також досліджували додавання поглиначів кисню.

Андерсен і Расмуссен (1992) повідомили, що фотоокислення пігментів окису азоту в нарізаній скибочками пастеризованої шинки можна уникнути, використовуючи упаковку шинки в пакети (що пропускають O₂ не більше 2 см³ в день на поверхні в 1 м² при надмірному тиску в 1 атм) що містять введені вручну поглиначі O₂ (Ageless SS-50). Вакуумна упаковка з використанням ідентичної плівки (99% вакууму) виявилася настільки ж ефективною.

10.8.9 - Пироги з м'ясом

Дослідження впливу МГС-упаковки на пироги з м'ясною начинкою проводилися в обмежених кількостях. На додаток до проблеми поширення мікроорганізмів, таких як бактерії, дріжджові грибки та пліснява, термін зберігання продуктів даного класу обмежується проникненням рідини в начинку, появою прогорклості у зв'язку з окисленням жирів і, в продуктах, що містять велику кількість крохмалю, засиханням, викликаним ретроградацією (реструктуризацією молекул крохмалю). Окислення жирів можна мінімізувати видаленням із суміші газів O₂, а ретроградацію можна приховати шляхом додавання шортенінгу. При обертанні вареної продукції тістом, наприклад, ковбасні рулети, рекомендується знизити залишковий вміст O₂, до 0,5% для запобігання очерствіння тіста (Гудберн і Халліган, 1998).

10.8.10 Пастрами

Лалейе та ін. (1994a,b) повідомили, що для зберігання пастроми (рН 6,5) продув упаковки 100% N₂, не дав позитивного ефекту, на відміну від використання вакуумної упаковки. Зберігання у темряві також не мало значного впливу на зміни фізико-хімічних та сенсорних показників, що відбулися. Вони дійшли висновку, що рекомендації щодо використання продуву N₂ в якості альтернативи вакуумній упаковці не мали під собою серйозних підстав.

10.8.11 Віденські сосиски у натуральній оболонці.

Лоуліс і Фуллер (1990) повідомили, що термін зберігання віденських сосисок у натуральній оболонці після продування 70% N₂/30% CO₂, при залишковому вмісті O₂, не вище 0,4% становив 30 днів.

10.8.12 Продукти. з м'яса птахів.

У той час, як проводилися всебічні дослідження впливу вакуумної та МГС-упаковки на птицю (в основному курку) та частини птиці (Койн, 1993; Хейнз, 1993; Оджілві Айрес, 1991; Шрімптов і Барнз, 1990; Уобек та ін., Томсон і Рісс, 1991; Сандер і Су, 1998; Ігбінедіон та ін., 1981; Джонс та ін. 1992; Мід та ін. (1993, 1995) вплив зазначених вище методів упаковки на продукти з м'яса птахи зовсім не вивчали. Янг та ін. (1997) використовували для упаковки Курча по-королівськи та смажених курячих паличок герметичну липку плівку с атмосферою всередині упаковки, що складається з 70% CO₂/30% N₂. Вони з'ясували, що загальна кількість мікроорганізмів на обох продуктах залишалася прийнятною (не вище 10⁵ cfu на г⁻¹) в обох типах упаковки протягом 15 днів за температури 0+/-1°C. при упаковці в липку плівку палички зіпсувалися через 15 днів, а Курча по-королівськи — через 7. Автори припустили, що вакуумну або МГС-упаковку можна використовувати для збільшення терміну зберігання продуктів, приготованих за системою варіння-охолодження, та для забезпечення безпеки та підтримки високої якості продукції під час зберігання за зниженої температури. Однак органолептичні показники таких продуктів не вивчалися, і не проводилося досліджень з інокулювання хвороботворних мікроорганізмів. У пізніших дослідженнях Янг та ін. (1998) вивчали вплив зазначених вище газових сумішей на сенсорні показники та з'ясували, що таке зберігання надає виключно (p < 0.05) шкідливий вплив на всі сенсорні показники курячих паличок. Зовнішній вигляд страви Курча по-королівськи також постраждав. Така ж дія спостерігалася і при використанні вакуумної та МГС-упаковки. Сенсорні характеристики продукту, запакованого в липку плівку, перестали бути прийнятними вже через 4 дні. Більш того, використання МГС-упаковки призвело до збільшення масштабів визначених негативні зміни. Колір горошку (в Курча по-королівськи) у МГС-упаковці змінився з зеленого на оливковий/хакі значно (p < 0.05) сильніше, ніж у вакуумному впакуванні. Те саме спостерігалось і із зовнішнім виглядом Курча по-королівськи в МГС-упаковці в порівнянні з вакуумною упаковкою або упаковкою в липкій плівці. Автори дійшли висновку, що використання МГС-упаковки слід обмежити деякими стравами, що складаються з декількох компонентів, через негативний вплив цього типу упаковки на окремі інгредієнти продуктів, такі як зміни кольору, що спостерігаються у зеленого горошку. Проблеми такого роду можна вирішити або шляхом виключення зі складу продукту компонентів, що обмежують термін його зберігання, або шляхом поміщення їх в окрему упаковку для того, щоб споживач змішував їх самостійно після розкриття. *S. perfringens* переважно розвиваються на м'ясі птиці і є головною причиною харчового отруєння. Оскільки використання МГС-упаковки створює умови, сприятливі для зростання цих організмів, безпека даного продукту (так само, як і інших продуктів у МГС-упаковці) залежить від суворого контролю температурного режиму. У разі сирого м'яса птиці при порушенні температурного режиму зберігання зростання інших організмів призводить до швидкого і явного прояву псування продукту. Однак у варених продуктах, де популяції інших організмів були значно знижені або знищені в процесі приготування, спори *S. perfringens*, що вижили, починають розвиватися при недостатньому контролі температурного режиму зберігання, що ніяк не проявляється зовні, і псування залишається непоміченим для споживача. Вплив упаковки зі 100% вмістом CO₂ на мікробіологічні та органолептичні показники швидко обсмаженого м'яса птиці в паніровці досліджувався в Leatherhead Food Research Association (Сполучене Королівство) (неопубліковані дані).

10.8.13 Системи варіння-охолодження

Розроблено дві завершені системи варіння, упаковки та охолодження: система Carcold (Кепколд) (Гроен) та система охолодження за рахунок теплопровідності (Williams Refrigeration). Система Carcold складається з котла з паровою сорочкою для варіння партій харчових продуктів при температурі пастеризації та насоса для переміщення вареної продукції в упаковку Cryovac, яка заварюється під вакуумом і потім охолоджується в холодному холодному водою барабані. Частина туш також можна варити, використовуючи цю систему, проте їх спочатку поміщають в упаковку Cryovac, а потім варять у гарячій воді перед охолодженням у крижаній. За деякими твердженнями, використання даної системи дозволяє збільшити термін зберігання до 45 днів (Енон., 1996), але в більшості випадків термін зберігання, що наводиться, становить 21 день.

10.8.14 Система варіння-охолодження під вакуумом

Система приготування під вакуумом вперше була розроблена у Франції у 1970-х роках. Цей процес включає попередню упаковку сирого або нормально приготовленого продукту в пластикових пакетах або мішечках, які потім заварюються під вакуумом. Іноді упаковку продукують сумішшю CO₂ (70%) і N₂ (30%) (Перон, 1998) перед запаюванням під вакуумом для запобігання роздавлюванню крихких продуктів, таких як морепродукти. Запакована продукція вариться при температурі пастеризації, а потім швидко охолоджується до температури від 0°C до 3°C. Після цього продукти зберігають при температурі від 0 до 3°C, а перед вживанням розігрівають при температурі не нижче 70°C протягом 2 хв. Відповідно до основних положень Міністерства Охорони здоров'я по системах варіння-охолодження (1989), максимальний термін зберігання такої продукції становить п'ять днів. Однак ці положення відносяться тільки до продукції, призначеної для використання в ресторанному бізнесі, і допускає можливість зберігання такої продукції протягом більш тривалого часу, при використанні упаковки під вакуумом або МГС-упаковки подальшого продажу товару над ринком роздрібною торгівлі (Дей, 1992). Були висловлені деякі сумніви щодо безпеки цього процесу. Процес пастеризації, якому піддається продукція при варінні під вакуумом, знищить вегетативні клітини (бактерії, пліснява та дріжджові грибки), проте бактеріальні спори залишаться неушкодженими. Таким чином, обов'язковим для даної системи (і для будь-яких інших систем варіння-охолодження) є суворий контроль температури та часу варіння для забезпечення пастеризації внутрішньої частини продукту та безпеки продукції з урахуванням особливостей вегетативних форм патогенних мікроорганізмів. Особливу увагу слід приділяти спороутворюючим бактеріям *C. botulinum* тип E та протеолітичним В-штамам, які є анаеробами та здатні розвиватися при зниженій температурі. Таким чином, для варіння під вакуумом слід використовувати тільки високоякісну сировину та суворо дотримуватись вимог гігієни протягом усього процесу приготування для мінімізації забруднення продукту перед варінням; швидке охолодження та зберігання при зниженій температурі (1-3°C) мають важливе значення для запобігання проростанню цих спор та росту інших бактерій, які можуть бути присутніми в упаковці. Існують кілька документів, що містять основні положення щодо процесів харчового виробництва, які включають приготування продуктів під вакуумом (Лідбеттер, 1999).

10.9 Аспекти безпеки МГС

У зв'язку з зростанням за останні роки клопотаністю питаннями безпеки харчових продуктів, було порушено питання про придатність МГС для пакування м'ясних продуктів, оскільки при використанні даної системи залишається ймовірність того, що *C. botulinum* зможуть розвиватися і виробляти токсини. Будучи анаеробними, умови в МГС-упаковці є сприятливими для цих організмів та непротеолітичних штамів, що відрізняються здатністю виробляти токсини при температурі до 3,3 °С (Шмідт та ін, 1991). Більше того, існує припущення, що будь-яке порушення температурного режиму тільки збільшить ризик, оскільки розвиток спор *C. botulinum* може стимулюватися наявністю в упаковці CO₂ (Вінн і Фостер, 1998). Основним, проте, залишається питання, чи буде переважний вплив CO₂ на звичайні аеробні організми, що викликають псування продукту, і розвиток мікрофлори, що повільно зростає, супроводжуватися ознаками, ознаками, які дозволять споживачеві визначити непридатність м'яса до вживання. На відміну від попередньо приготовлених продуктів, які потрібно лише трохи розігріти (наприклад, курка, обсмажена в паніровці), використання МГС для зберігання сирого м'яса вважається безпечнішим (Хотчкісс, 1998) у зв'язку з необхідністю належного приготування, а відповідно у знищенні всіх ботулінстичних токсинів перед вживанням (Ліккіарделло та ін., 1997). Можливість покращення якості та безпеки продукту шляхом додавання в упаковку невеликої кількості O₂ для запобігання розвитку анаеробів не підходить для сирого м'яса. Введена кількість O₂ швидко поглинається м'ясом для залишкової респірації і, у будь-якому випадку, не завжди допомагає запобігти виробленню токсинів *C. botulinum*. Психротрофні штами цих організмів можуть розвиватися і виробляти токсини при 10% вмісті O₂ в упаковці, якщо всі інші умови для цього оптимальними (Міллер, 1998; цитата з Коннора та ін, 1999). До основних анаеробів, що викликають псування продукту відносяться *C. perfringens*, які виявляють велику толерантність до наявності кисню і здатні розвиватися на продуктах з не повністю анаеробними умовами при порушенні температурного режиму (Генігеоргіс, 1995). Вплив умов з модифікованою атмосферою на зростання бактерій, що викликають псування продукту, знижується, якщо температура відрізняється від оптимальної для зберігання (0-4 °С), а газова атмосфера практично не впливає на здатність *C. botulinum* виробляти токсини на м'ясних продуктах, що зберігаються при температурі навколишнього середовища. Наприклад, Силлікер і Вольфе (1990) довели, що висока концентрація в атмосфері CO₂ не має значного впливу на зростання *C. botulinum* на свинині за температури 27°C. Більш важливим є зв'язок насичення продукту токсинами і початку псування. Сира яловичина у вакуумній упаковці, інокульована спорами штамів типу А і В, і зберігається при температурі 25°C, виявилася насиченою токсинами через 6 днів, але до цього часу м'ясо вже зіпсувалося (Хаушилд та ін., 1995). При нижчій температурі 100% зміст CO₂ уповільнило зростання як *C. botulinum*, і *C. perfringens* (Дойл, 1993; Дж.С. Мід, неопубліковані дані). Також, концентрація CO₂ у 45-75% уповільнила зростання *C. Botulinum* на свинині, що зберігається при температурі 15°C (Ламберт та ін, 1991a). Дослідження, що проводяться як з клодридями, так і з іншими патогенами, що розвиваються на харчових продуктах, показали, що використання для зберігання м'ясних продуктів у модифікованій атмосфері є невеликою небезпекою збільшення ризику поширення цих мікроорганізмів. Більшість штамів *Campylobacter* spp. не здатні розмножуватись при температурі нижче 30°C, але віртуальна відсутність в умовах модифікованої атмосфери O₂ може сприятливо позначитися на здатності цих мікроаерофільних організмів до виживання. Однак, Візлі та Стейделман (1995) проводили дослідження поведінки *C. jejuni* при 4°C на бройлерах в упаковці, що пропускає O₂, та в упаковці, що містить 100% CO₂. Збагачена CO₂ атмосфера помітного ефекту на цей організм не надала. У яловичому фарші, інокульованому шістьма штамми *Salmonella* і зберігається при 10°C протягом 7 днів, Силлікер і Вольфе (1990) спостерігали зниження життєздатності особин в

атмосфері, що складається з 60% CO₂/25%O₂/15% N₂, але не в повітрі. Через 10 днів різниця у кількості мікроорганізмів у двох атмосферах становила 1000 раз. *S. aureus* є ще одним патогеном, що розвивається на харчових продуктах і виявляє високу чутливість до високої концентрації CO₂. В даному випадку спостерігається взаємне посилення впливу концентрації CO₂ та температурного режиму на контроль зростання цього мікроорганізму на яловичині та продуктах з м'яса курки в МГС-упаковці (Хінтліан і Хотчкісс, 1996). *Salmonella* spp. також виявили тенденцію до уповільнення темпів зростання в атмосфері з CO₂.

Останнім часом уся увага була сконцентрована на більш психротрофних патогенах, особливо на видах *L. monocytogenes* і *Y. enterocolitica*, обидва з яких мають здатність розвиватися при 0-3°C. У той час як Гілл і Рейчел (1999) з'ясували, що *L. monocytogenes* можуть зростати при температурі від 0 до 10°C на яловичині з високим рівнем рН в атмосфері, що складається з CO₂, або у вакуумній упаковці, згідно з результатами інших досліджень, в деяких умовах їх зростання сповільнюється. На здатність *L. monocytogenes* до зростання впливають як тип м'яса, так і рівень рН, у зв'язку з чим ріст відбувається швидше при більш низькій температурі і високому рівні рН м'яса. Болдер та ін. (1991) спостерігали більш швидке зростання *L. monocytogenes* при 0-4 °C на курячих стегнах зі шкірою в порівнянні з курячими грудками без шкіри. В обох випадках, однак, зростання було значно сповільнене в МГС-упаковці, що містить 100% CO₂, на відміну від 20% CO₂ або вакуумної упаковки, де ефект був не настільки помітний (Таблиця 10.12). Харт та ін. (1991) виявили, що у курячих грудках без шкіри (рН 5,8) розвиток *L. monocytogenes* відсутній при 1°C навіть у тих випадках, коли МГС-упаковка не використовується. При 6°C зростання спостерігалось до того, як псування продукту стало видимим, в аеробних умовах, але не в атмосфері зі 100% CO₂. Приготування курки при температурі всередині продукту 70°C протягом 2 хв має значно скоротити популяцію *L. monocytogenes* (Черч та Парсонс, 1995). Таким чином, приготування із зберіганням при температурі близько 3°C та відносно невеликий термін зберігання можуть знизити ризик поширення листериозу до прийнятного рівня.

Таблиця 10.12 Зростання *Listeria monocytogenes* на частинах курки*, що зберігаються при 4°C протягом 7 днів в упаковках, що містять різну газову атмосферу

Вид пакування	Кількість <i>L. monocytogenes</i> (log10 cfu г-1)	
	Грудинка	Ніжка
Пропускаюча O ₂	5.1	6.2
Вакумна упаковка	4.7	6.2
100% CO ₂	3.9	4.7
20% CO ₂ + N ₂	4.4	6

* вихідний зміст у кожному випадку 3,9

Заклопотаність можливим зростанням *Y. enterocolitica* на м'ясі в МГС-упаковці вперше була виражена в працях Ханни та ін. (1997), в яких вказувалося, що популяції організмів, подібних даному виду, досягали величезних розмірів під час зберігання яловичини та баранини у вакуумній упаковці при зниженою температурою. *Y. enterocolitica* поширена на всіх типах м'яса, включаючи птицю, проте свинина вважається найважливішим джерелом серотипів, шкідливих для людей, а штами, відокремлені від інших типів м'яса, зазвичай належать до «природного» (непатогенного) типу. Хоча ієрсинії легко розвиваються у вакуумній упаковці та в упаковці, що містить близько 20% CO₂, більш високі концентрації уповільнюють їх зростання

на свинині, що зберігається при зниженій температурі (Енфорс та ін, 1999). У неопублікованих результатах досліджень Дж.М. Каріту та Дж.С.Мід зазначили, що зберігання свинини при 1°C у 50% або 100% CO₂ дозволило запобігти помітному зростанню *Y. enterocolitica*, хоча при 10°C сповільнюючий ефект був виражений набагато менше.

На закінчення необхідно відзначити положення, згідно з яким, використання МГС для пакування сирого м'яса не збільшує ризик зараження патогенами, що розповсюджуються на харчових продуктах, особливо, якщо упаковки зберігати в охолодженій атмосфері і дотримуватися рекомендацій щодо зберігання даного виду продукту. З іншого боку, існують свідчення того, що наявність CO₂ у чистому вигляді або його високої концентрації у поєднанні з іншими газами дозволяє значно знизити темпи зростання патогенів, що розповсюджуються на харчових продуктах, які за інших умов розмножуються під час зберігання при зниженій температурі. Однак, Генігеоргіс (1995) припускає, що упаковка продуктів з цільном'язової тканини під низьким парціальним тиском O₂ не буде використовуватися для роздрібного продажу через можливий ризик поширення *S. bofulinum* і порушення температурного режиму зберігання споживачем тим не менш, небезпека зараження ботулізмом при вживанні таких МГС-упаковці залишається реальною.

10.10 Майбутнє.

М'ясна промисловість має різні можливості, але й перед нею стоять різні труднощі. Майбутні розробки, швидше за все, будуть спрямовані на розвиток технологій упаковки без вмісту O₂. Їх успіх залежатиме від якості видалення O₂ у процесі упаковки та підтримки під час зберігання навколо продукту середовища, що не містить кисень. Однак слід дотримуватися деяких застережень при роботі з продуктами, що швидко псуються, оскільки можливості розвитку патогенних організмів в цих умовах були вивчені не повністю.

Існує велика ймовірність того, що небажання споживачів купувати продукт у надмірній і «небезпечній для навколишнього середовища» упаковці і попит на упаковку, що біологічно утилізується, зростуть. Рівень освіченості споживачів у питаннях харчового виробництва щодо ролі та переваг упаковки набуває все більшого значення для зниження тиску законодавства на той факт, що використання безпечної для навколишнього середовища упаковки може негативно позначитися на безпеці та терміні зберігання продукту. Необхідно виробити певну рівновагу між безпекою, терміном зберігання продукту та впливом на довкілля.

З сучасної літератури стає зрозуміло, що в майбутньому методика МГС (наприклад, система Cartech) все частіше використовуватиметься для упаковки м'ясних продуктів. Ця система вже широко застосовується в комерційних цілях для постачання баранини та для зберігання баранини та яловичих відрубів. Система підкладок, яка працює за тим же принципом (наприклад, система Dupont Survac), швидше за все використовуватиметься для зберігання продуктів для роздрібної торгівлі. Поліпшення якості пластикових плівок, що використовуються в таких системах, особливо у питанні підвищення їх бар'єрних якостей, також може сприяти збільшенню терміну зберігання продуктів в упаковці такого типу.

З приводу консультацій звертатись до фахівця з газових технологій:

Віктор Бабкін
ТОВ Фірма "Кріогенсервіс"
тел: 050 385 01 97
vb@cryogen.kiev.ua
www.cryogen.com