

Јасна Лончина<sup>1</sup>, Драго Недић<sup>1</sup>, Јелена Ивановић<sup>1</sup>, Татјана Балтић<sup>2</sup>, Марија Докмановић<sup>1</sup>, Јелена Ђурић<sup>1</sup>, Марија Бошковић<sup>1</sup>, М. Ж. Балтић<sup>1</sup>

## АКТИВНИ СИСТЕМИ ПАКОВАЊА МЕСА И ПРОИЗВОДА ОД МЕСА

### Кратак садржај

У циљу задовољења све већих захтева везаних за безбедност меса и производа од меса, индустрија паковања развија се изузетно брзо. Интересовање за нове технологије (активни и „интелигентни“ системи паковања меса и производа од меса) нарочито је порасло у последњих неколико година. Активна паковања укључују адитиве, апсорбере кисеоника, апсорбере и емитере угљен-диоксида, агенсе за контролу влаге, као и антимикуробне агенсе који доприносе побољшању квалитета меса и производа од меса и утичу на продужење рока употребе.

**Кључне речи:** месо, паковање, безбедност.

---

<sup>1</sup> Јасна Лончина, ДВМ, истраживач сарадник, др Драго Недић, ванредни професор, Јелена Ивановић, ДВМ, истраживач сарадник, др Марија Докмановић, истраживач сарадник, Јелена Ђурић, ДВМ, истраживач сарадник, Марија Бошковић, ДВМ, истраживач сарадник, др Милан Ж. Балтић, редовни професор, Факултет ветеринарске медицине, Универзитет у Београду, Булевар ослобођења 18, 11000 Београд.

<sup>2</sup> Татјана Балтић, истраживач сарадник, Институт за хигијену и технологију меса, Каћанског 13, 11000 Београд.

Jasna Lončina, Drago Nedić, Jelena Ivanović, Tatjana Baltić, Marija Dokmanović, Jelena Đurić, Marija Bošković, M. Ž. Baltić

## ACTIVE SYSTEM PACKAGING OF MEAT AND MEAT PRODUCTS

### Abstract

In order to meet growing demands regarding safety of meat and meat products, to extend shelf life of products packaging industry is developing rapidly. The interest in new technologies (active and "intelligent" packaging systems of meat and meat products) has increased in recent years. Active packaging includes additives, oxygen scavengers, carbon dioxide scavengers and emitters, moisture control agents and antimicrobial packaging technologies that improve the quality of meat and meat products and extend shelf life of products and provide information about food quality during storage and packaging.

**Key words:** meat, packaging, safety.

---

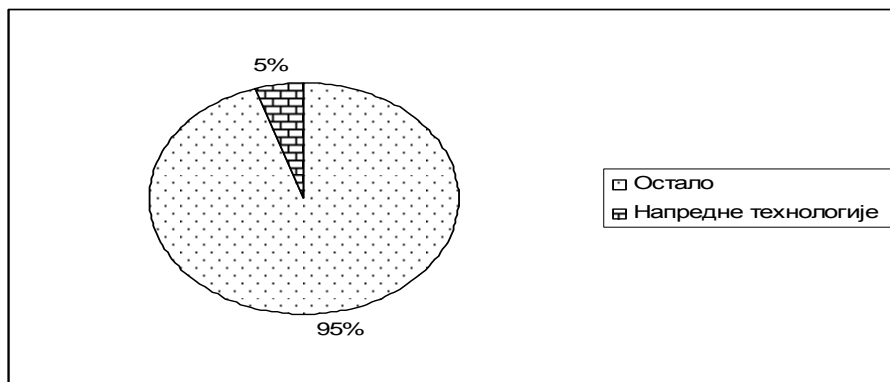
### УВОД

У циљу задовољења све већих захтева за безбедност меса и производа од меса, продужења одрживости производа у малопродаји и задовољења очекивања потрошача везаних за практичност и квалитет (повећан асортиман производа, лако коришћење, што краћа припрема, пружање додатне информације о производу и утицај паковања на животну средину), индустрија паковања хране развија се изузетно брзо.

Свеже месо се пакује да би се у малопродаји или код купца спречила контаминација, одгодио квар, омогућила ензимска активност која доводи до повећања мекоће, смањио губитак масе, хемоглобин задржао у

облику оксимиоглобина, који даје месу црвену боју, а да се притом спрече дехидрација, липидна оксидација, пребојеност, губитак ароме и друге непожељне промене. Данас постоји мноштво система паковања, различитих особина и намене, од амбалаже за краткорочно чување до различитих паковања за дугорочно чување. И поред бројних могућности паковања, модерне технологије паковања у паковањима хране заступљене су са свега 5% (графикон 1). Као последица пораста разноликости производа и све веће потражње за пакованим месом, фаворизује се технологија паковања која пружа висок ниво контроле квалитета и економичности.

**Графикон 1.** Учешће најпредних технологија паковања у укућним паковањима хране

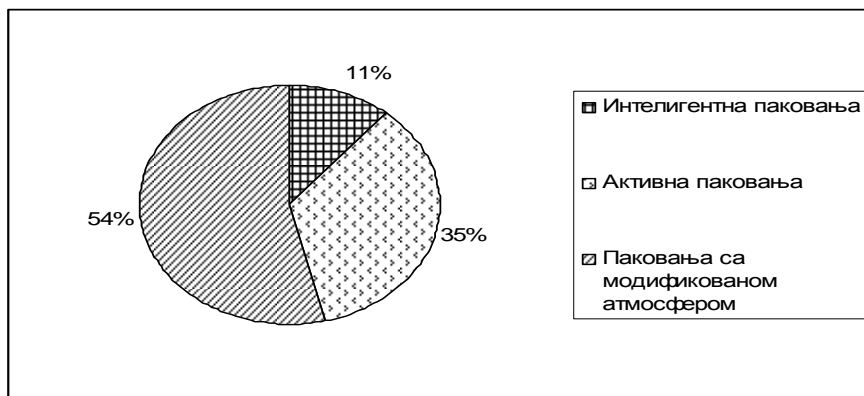


### АКТИВНА ПАКОВАЊА МЕСА

Активно паковање укључује одређене супстанце које доприносе очувању или повећању квалитета намирнице и продужењу рока употребе. Назив потиче од чињенице да паковање има активну улогу у конзервацији намирнице, тј. не представља

само инертну баријеру у односу на спољашње услове (Hutton, 2003). Активна паковања у модерним технологијама паковања учествују са више од једне трећине паковања (35%), што је приказано графиконом 2.

**Графикон 2.** Учешће појединих начина паковања у укућним најпредним технологијама паковања хране



Ahvenainen (2003) је активно паковање окарактерисао као паковање које ствара услове који упакованој намирници продужавају рок употребе или побољшавају квалитет, односно

сензорне особине. У последње време развија се читав низ активних система паковања, како за постојеће, тако и за нове производе (табела 1).

**Табела 1.** Примери активне амбалаже у њехрамбеној индустрији

<b>ФУНКЦИЈА</b>	<b>ЕФЕКТИ</b>
<b>Апсорпција</b>	кисеоник, угљен-диоксид, влага, етилен, нечистоћа, UV зрачење
<b>Отпуштање</b>	етанол, угљен-диоксид, антиоксиданси, конзерванси, сумпор-диоксид
<b>Уклањање</b>	катализатори хране са својствима уклањања компоненти (лактоза, холестерол)
<b>Контрола температуре</b>	материјали за изолацију, самогрејање, саморасхладна паковања
<b>Микробиолошка и контрола квалитета</b>	UV и површински третирани материјали за паковање

Најбитније сензорне особине меса, на основу којих га и потрошачи оцењују, јесу изглед, текстура, мирис и укус. Изглед, а понајвише боја, врло је значајна особина на основу које се купци одлучују за одређени производ. У свежем црвеном месу миоглобин се може наћи у једном од три хемијске форме. Деоксимиоглобин, који је ружичасте боје, у контакту са кисеоником брзо оксигенише и прелази у црвену боју. Временом оксимиоглобин оксидише, при чему настаје метмиоглобин, што резултира настанком браон боје и повезано је са губитком свежине. Висока концентрација кисеоника погодује настанку метмиоглобина од оксимиоглобина.

Према томе, у циљу смањења настанка метмиоглобина у свежем црвеном месу, концентрација кисеоника у паковању требало би да буде нижа од 0,05% или толика да дође до засићења кисеоником. Високе концентрације кисеоника у паковањима са модификованом атмосфером током времена доводе и до оксидације липида и промене боје меса. Оксидација липида је главни узрок квара меса, што резултује неприхватљивим мирисом и укусом.

## АКТИВНА ПАКОВАЊА СА АПСОРБЕРИМА КИСЕОНИКА

Висока концентрација кисеоника у паковању може олакшати раст бактерија, довести до промене мириса и укуса, што све заједно утиче на скраћење одрживости намирнице. Стога, контрола концентрације кисеоника је врло значајна ради смањења могућности настанка квара. Системи апсорбовања кисеоника представљају алтернативу вакууму, као средства унапређења квалитета производа и продужења рока употребе (Ozdemir и Floros, 2004). Иако се намирнице осетљиве на дејство кисеоника пакују у модификовану атмосферу или вакуум, таквим техникама паковања не може увек да се уклони сав кисеоник (кисеоник који пролази кроз паковање, кисеоник који се налази унутар меса или између комада меса). Употребом апсорбера кисеоника, који везују преостали кисеоник након паковања, квалитативне промене услед дејства резидуалног кисеоника могу се свести на минимум. Технологије засноване на принципу апсорбовања кисеоника користе један или више од следећих концепата: оксидација гвожђа у праху, оксидација аскорбинске киселине, оксидација фотосензитивних боја, оксидација ензима (нпр. глукозо-оксидаза), незасићене масне киселине, (нпр. олеинска или линолеинска), екстракт пиринча или квасци имобилисани на чврстој подлози (Floros и сар., 1997). Скупљачи кисеоника у паковању могу се наћи у облику ке-

сица са прахом, налепница, слоја у оквиру материјала за паковање, плочица или затварача (Suprakul и сар., 2003). Најзаступљенији је принцип оксидације гвожђа, а најпознатији типови врећица са гвожђем у праху (које су направљене тако да смање концентрацију кисеоника на мање од 1%) јесу Ageless (Mitsubishi Gas Chemical Co, Јапан), АТСО (ECO Packaging Systems, Велика Британија), FreshPax (Multisorb Technologies Inc., САД) и Oxysorb (Pillsbury Co., САД). У литератури постоје бројни подаци о утицају апсорбера кисеоника на боју свеже говедине. На основу испитивања Gill-а и McGinnis-а (1995), при чему су коришћени комерцијални апсорбери кисеоника (FreshPax 200R), показано је да се пребојавање обликоване, уситњене говедине може спречити употребом великог броја апсорбера, при чему се концентрација резидуалног кисеоника смањује на концентрацију мању од 10 ppm у року од 2 сата, при температури од  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Укључивањем апсорбера кисеоника Ageless SS200 у паковање са 50%  $\text{CO}_2$  и 50%  $\text{N}_2$  значајно је побољшана стабилност боје *m. longissimus dorsi* и *m. psoas major* у односу на контроле (Allen и сар., 1996). Tewari и сар. (2001) испитивали су ефекат два комерцијална система скупљача кисеоника (Agelless FX-100 и FreshPax R-2000) у паковањима са контролисаним атмосфером (CAP - controlled atmosphere packaging), складиштених на  $1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  на стабилност боје *m. psoas major*. Код одрезака паковањих без скупљача кисеоника при-

међено је значајно више промена боје и значајно већа концентрација метмиоглобина у односу на одреске паковане са апсорберима кисеоника. Превенција настанка метмиоглобина доведена је у везу са бројем, а не врстом коришћеног апсорбера кисеоника. Рауне и сар. (1998) испитивали су ефекат вакуума, контролисане атмосфере са  $\text{CO}_2$ , модификоване атмосфере са  $\text{CO}_2$ , модификоване атмосфере са  $\text{CO}_2$  и кесицама Ageless (350) за апсорпцију кисеоника, као и само паковања са Ageless апсорберима кисеоника на губитак течности, микробиолошке и сензорне особине *m. longissimus dorsi lumborum*, чуваног 20 недеља при  $-1,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Говедина пакована у модификованој атмосфери са  $\text{CO}_2$ , као и иста са апсорберима кисеоника, имала је значајно мањи губитак течности у односу на паковање са контролисаном атмосфером. Када је у питању рок трајања, најбоље резултате имала су паковања MAP-а са  $\text{CO}_2$  и паковања само са апсорберима кисеоника. Поред говеђег, испитивано је дејство скупљача кисеоника и на свињско месо (Doherty и Allen, 1998) и производе од свињског меса, при чему је показано да су кобасице од свежег свињског меса, паковане у MAP са 20%  $\text{CO}_2$  и 80%  $\text{N}_2$ , са додатком апсорбера кисеоника (Ageless FX-40) и чуване 20 дана при температури од  $2 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$  имале значајно мањи број психротрофних бактерија, стабилнију боју и липиде, при чему је одрживост значајно продужена (Martinez и сар., 2006).

Апсорбери кисеоника у облику налепница (ATCO 10S, 100 OS, 200 OS за скупљање 10, 100 односно 200  $\text{cm}^3$  кисеоника) највише се користе код паковања готових производа, на пример куване шунке и као такви се налазе у продаји широм Ирске и Велике Британије.

Као алтернатива кесицама са гвожђем у праху, све више се користе апсорбери кисеоника који су инкорпорирани у фолије за паковање, чиме се спречава ризик од евентуалног пуцања врећице са апсорбером, при чему се исправност намирнице доводи у питање (Suprakul и сар., 2003). Cryovac Division, Sealed Air Corporation, САД развио је UV-активациони апсорбер кисеоника, који представља структурни део вишеслојне фолије за паковање. Овакв систем може да смањи концентрацију кисеоника са 1% на ниво ppm-а у року од 4 до 10 дана и користи се за паковање сувих и димљених производа од меса (Butler, 2002). Сличан систем паковања развио је и CSIRO, Division of Food Science, Аустралија, заједно са VisyPak Food Packaging, Visy Industries, Аустралија, чијом се употребом смањује пребојеност нарезаних производа од меса.

### **АКТИВНА ПАКОВАЊА СА АПСОРБЕРИМА И ЕМИТЕРИМА УГЉЕН-ДИОКСИДА**

Функција угљен-диоксида у амбалажи јесте да сузбије раст микробиолошких агенаса, а самим тих и продужи одрживост намирнице. С обзиром на

то да је пропустљивост за угљен-диоксид већине материјала за паковање три до пет пута већа од пропустљивости за кисеоник, он мора непрекидно да се производи ради одржавања жељене концентрације у паковању (Ozdemir и Floros, 2004). Уклањањем кисеоника, при чему делимично настаје вакуум, може доћи до деформације паковања. Исто се може десити у паковањима са модификованом атмосфером, при чему се присутан угљен-диоксид раствара и такође делимично ствара вакуум. У таквим случајевима пожељно је коришћење кесица са апсорберима које троше кисеоник, а у исто време отпуштају угљен-диоксид. Ови системи заснивају се на присуству гвожђе-карбоната или мешавине аскорбинске киселине и натријум-бикарбоната. Комерцијални примери двоструких система производње угљен-диоксида и везивања кисеоника јесу Ageless G (Mitsubishi Gas Chemical Co., Јапан) и FreshPax М (Multi-sorb Technologies Inc., САД). Кесице или налепнице са супстанцама које производе угљен-диоксид такође могу да се користе и саме. Паковање Verifrais (SARL Codimer, Париз, Француска) јесте иновативно паковање које се састоји од стандардног паковања са модификованом атмосфером, са перфорираним дуплим дном, под којим се налази порозна кесица која садржи натријум-бикарбонат/ аскорбат. Када ексудат упакованог меса капне на кесицу, почне да се ствара угљен-диоксид, чиме се надомести

растворени угљен-диоксид и спречи деформисање паковања.

## АНТИМИКРОБНА АКТИВНА ПАКОВАЊА

Микробиолошка контаминација смањује рок трајања хране и повећава ризик од болести које се преносе храном. С обзиром на то да се традиционалне методе чувања хране, као што су топлотна обрада, сушење, хлађење, замрзавање, зрачење, сољење не могу применити на производе као што је свеже месо (Quintavalla и Vicini, 2002), антимикуробна паковања, као врста активног паковања, представљају будућност паковања меса и производа од меса. Досадашњи покушаји у облику антибактеријских спрејева или течности за потапање у циљу побољшања безбедности и одлагања квара (који првенствено настаје на површини меса услед накнадне контаминације) имају велика ограничења. Овакве супстанце се могу неутралисати при контакту са месом, такође постоји могућност преношења супстанце са површине у унутрашњост или може довести до инактивације одређених једињења која су саставни део меса (Quintavalla и Vicini, 2002). У циљу одрживости намирнице и очувања квалитета, антимикуробна паковања треба да продуже лаг фазу и скрате фазу умножавања микроорганизама (Nap, 2000). Appendini и Hotchkiss (2002), као и Suprakul и сар. (2003) детаљно су описали антимикуробна паковања у која су инкорпорирани, имобилисани

или која су обложена антимикуробним агенсима. Листа могућих антимикуробних агенаса је дуга и садржи анхидриде киселина, алкохоле, бактериоцине, хелате, ензиме, органске киселине и полисахариде. Комерцијални пример оваквих паковања у виду раствора је AgIONe (AgION Technologies LLC, САД), екстракта Nisaplin или Nisin (Integrated Ingredients, САД) или премаза Microgarde (Rhône-Poulenc, САД). Антимикуробна паковања имају релативно малу комерцијалну примену, осим у Јапану, где је сребром супституисани зеолит средство које се најчешће користи при производњи материјала за паковање. Јони сребра спречавају дејство низа метаболичких ензима и имају изражена антимикуробна својства. Антимикуробна паковања се могу сврстати у две групе: она која садрже антимикуробне агенсе који прелазе на површину хране и она која имају антимикуробне агенсе делотворне без миграције.

Natrajan и Sheldon (2000) испитивали су дејство паковања обложених низином и показали да она значајно смањују број *S. typhimurium* на кожи бројлера. Quattara и сар. (2000) испитивали су инхибицију бактерија површинског квара куване шунке након примене антимикуробних филмова који садрже цитосан. У матрикс цитосана инкорпорирани су сирћетна или пропионска киселина, са додатком лауринске киселине и цимет-алдехида (изоливаног из есенцијалних уља цимета) или без њега. Током времена складиштења,

паковања су отворана и мерена је преостала концентрација антимикуробних агенаса, при чему је утврђено да се пропионска киселина много брже ослобађала из матрикса од сирћетне киселине. Додатак лауринске киселине, али не и цимет-алдехида, утиче на смањење ослобађања сирћетне киселине. Ова врста паковања нема утицаја на бактерије млечне киселине, док је раст *enterobacteriaceae* и *Serratia liquefaciens* (инокулираних на површину меса) успорен или потпуно инхибиран. Најјача инхибиција забележена је на сувим површинама шунке (на којима је ослобађање киселина било најслабије) и у паковањима са додатком цимет-алдехида, као супстанце са изузетно јаким антимикуробним дејством.

На и сар. (2001) испитивали су утицај две концентрације (0,5% и 1%) екстракта семена грејпфрута (grapefruit seed extract – GFSE; природни антимикуробни агенс) на микробиолошки статус и квалитет свежег, млевеног говеђег меса, чуваног 18 дана при 3<sup>0</sup>С. Екстракт грејпфрута инкорпориран је у сам материјал за паковање или је представљао један слој вишеслојног полиетилена (PE). Дејство фабрички произведеног паковања потврђено је методом дифузије на агару. Утврђено је да је антимикуробно дејство паковања са вишеслојним полиетиленом боље у односу на паковања код којих је екстракт семена грејпфрута инкорпориран у сам материјал за паковање. Извођењем дифузије на агару показано је



да је у паковању са 1% инкорпорираног екстракта семена грејпфрута утврђен много мањи број *Metaphycus flavus*, док је код паковања са вишеслојним етиленом обложеним 1% екстрактом грејпфрута, утврђена антимикуробна активност против бактерија *Echerichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*. Паковања са већом концентрацијом (1%) екстракта семена грејпфрута имала су израженији утицај на инхибицију бактеријског раста у односу на паковања са мањом концентрацијом (0,5%).

Поред већ поменутих технологија активног паковања намирница, активна паковања која се користе за паковање других намирница могу потенцијално представљати паковања за месо и производе од меса. Технологија конзерви од алуминијума или челика са самозагревањем, која се тренутно користи за паковање кафе, могла би се применити у производњи готових јела од меса. С обзиром на огромно повећање потражње за готовим јелима, овакав начин паковања неминовно представља будућност паковања. Микроталасни модификатори представљају системе састављене од алуминијума или нерђајучег челика, постављене на подлогу од полиестера или картона, који микроталасе преводе у топлотне, при чему повећавају грејну површину и самим тим олакшавају загревање намирнице. Постављање таквих модификатора у месо које се пакује, представља будућност технологије паковања. Активна паковања са апсорберима мириса

такође представљају велики потенцијал технологије паковања меса и производа од меса. Ови системи користе целулозу триацетат, лимунска киселину, соли различитих метала, аскорбат, активни угаљ, глину, зеолит, а могу се користити за уклањање мириса насталих као последица оксидације липида упакованог меса (Ahvenainen, 2003).

## ЗАКЉУЧАК

Месо и производи од меса се пакују да би се спречила контаминација, одгодио квар, омогућила ензимска активност која доводи до повећања мекоће, смањено губитак масе, хемоглобин задржао у облику оксимиоглобина, који даје месу црвену боју, а да се притом спрече дехидрација, липидна оксидација, пребојеност, губитак ароме и друге непожељне промене.

Данас постоји мноштво система паковања, различитих особина и намене, од амбалаже за краткорочно чување до различитих паковања за дугорочно чување. Као последица пораста разноликости производа и све веће потражње за пакованим месом, фаворизује се технологија паковања која пружа висок ниво контроле квалитета и економичности.

Активна паковања укључују адитиве, апсорбере кисеоника, апсорбере и емитере угљен-диоксида, агенсе за контролу влаге, као и антимикуробне агенсе који доприносе побољшању квалитета меса и производа од меса и утичу на продужење рока употребе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ahvenainen, R. (2003): *Active and intelligent packaging: an introduction*. Novel food packaging techniques: 5–21. Cambridge, UK, Woodhead Publishing Ltd.
2. Allen, P., Doherty, A. M., Buckley, D. J., Kerry, J., O'Grady, M. N. and Monahan, F. J. (1996): *Effect of oxygen scavengers and vitamin E supplementation on colour stability of MAP beef*, 42nd international congress of meat science and technology: 88–89, 1–6 September 1996, Lillehammer, Norway.
3. Appendini, P. and Hotchkiss, J. H. (2002): *Review of antimicrobial food packaging*, Innovative Food Science and Emerging Technologies 3: 113–126.
4. Butler, B. L. (2002): *Cryovac OS2000e Polymeric oxygen scavenging systems*, Presented at Worldpak 2002.
5. Doherty, A. M. and Allen, P. (1998): *The effect of oxygen scavengers on the colour stability and shelf life of CO<sub>2</sub> packaged pork*, Journal of Muscle Foods 9: 351–363.
6. Floros, J. D., Dock, L. L. and Han, J. H. (1997): *Active packaging technologies and applications*, Food Cosmetics and Drug Packaging 20: 10–17.
7. Gennadios, A., Hanna, M. A. and Kurth, L. B. (1997): *Application of edible coatings on meat, poultry and seafoods: a review*, Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie 30: 337–350.
8. Gill, C. O. and McGinnis, J. C. (1995): *The use of oxygen scavengers to prevent the transient discoloration of ground beef packaged under controlled, oxygen-depleted atmospheres*, Meat Science 41: 19–27.
9. Ha, J. U., Kim, Y. M. and Lee, D. S. (2001): *Multilayered antimicrobial polyethylene films applied to the packaging of ground beef*, Packaging Technology and Science 15: 55–62.
10. Han, J. H. (2000): *Antimicrobial food packaging*, Food Technology 54: 56–65.
11. Hutton, T. (2003): *Food packaging: An introduction*, Food science and technology 7: 108, Chipping Campden, Gloucestershire, UK: Campden and Chorleywood Food Research Association Group.
12. J.P. Kerry, M.N. O'Grady, S.A. Hogan (2006): *Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review*, Meat Science 74: 113–130.
13. Ozdemir, M. and Floros, J. D. (2004): *Active food packaging technologies*. Food Science and Nutrition 44: 185–193.
14. Martinez, L., Djenane, D., Cilla, I., Beltrán, J. A. and Roncale's, P. (200): *Effect of varying oxygen concentrations on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere*, Food Chemistry 94: 219–225.

15. Møller, J. K. S., Jakobsen, M., Weber, C. J., Martinussen, T., Skibsted, L. H. and Bertelsen, G. (2003): *Optimization of colour stability of cured ham during packaging and retail display by a multifactorial design*, Meat Science 63: 169–175.
16. Møller, J. K. S., Jensen, J. S., Olsen, M. B., Skibsted, L. S. and Bertelsen, G. (2000). *Effect of residual oxygen on colour stability during chill storage of sliced, pasteurised ham packaged in modified atmosphere*, Meat Science 54: 399–405.
17. Natrajan, N. and Sheldon, B. W. (2000): *Efficacy of nisin-coated polymer films to inactivate Salmonella typhimurium on fresh broiler skin*, Journal of Food Protection 63: 1189–1196.
18. Ozdemir, M. and Floros, J. D. (2004): *Active food packaging technologies*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition 44: 185–193.
19. Poças, M.F.F. (2001): *Innovations in Intelligent Packaging Technologies for Perishable Foods, Novel Processes and Control Technologies in the Food Industry*, Ed. F. Bozoblu, T. Deak, B. Ray, NATO-ASI, IOS Press, 338: 197–211.
20. Payne, S. R., Durham, C. J., Scott, S. M. and Devine, C. E. (1998): *The effects of non-vacuum packaging systems on drip loss from chilled beef*, Meat Science 49: 277–287.
21. Lovenklev, M., Artin, I., Hagberg, O., Borch, E., Holst, E. and Radstrom, P. (2004): *Quantitative interaction effects of carbon dioxide, sodium chloride, and sodium nitrite on neurotoxin gene expression in nonproteolytic Clostridium botulinum type B*, Applied and Environmental Microbiology 70: 2928–2934.
22. Ouattara, B., Simard, R.E., Piette, G., Bégin, A., Holley, R.A. (2000): *Diffusion of Acetic and Propionic Acids from Chitosan-based Antimicrobial Packaging Films*, Journal of Food Science 65 (5): 768–773.
23. Quintavalla, S. and Vicini, L. (2002): *Antimicrobial food packaging in meat industry*, Meat Science 62: 373–380.
24. Sivertsvik, M. (2003): *Active packaging in practice: fish*, Novel food packaging techniques: 384–400, Cambridge, UK, Woodhead Publishing Ltd.
25. Skandamis, P. N. and Nychas, G.-J. E. (2002): *Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions*, International Journal of Food Microbiology 79: 35–45.
26. Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K. and Bigger, S. W. (2003). *Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications*, Journal of Food Science, 68, 408–420.
27. Tewari, G., Jayas, D. S., Jeremiah, L. E. and Holley, R. A. (2001): *Prevention of transient discoloration of beef*, Journal of Food Science 66: 506–510.