



СТИГУЩНОСТ ВСЕКИ ДЕН

БЪЛГАРСКА АГЕНЦИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТ НА ХРАНИТЕ ЦЕНТЪР ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА

✉ гр. София, 1606, бул. "Пенчо Славейков" № 15А

☎ +359 (0) 2 915 98 20, 📠 +359 (0) 2 954 95 93, www.babh.government.bg

ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСИТЕ НА ТУМБЛИРАНЕ И ШПРИЦОВАНЕ С ВЛАГОЗАДЪРЖАЩИ АГЕНТИ - ФОСФАТИ ВЪРХУ СТРУКТУРАТА НА МУСКУЛНИТЕ ВЛАКНА

При преработката на месото и продуктите от месо, фосфатите и полифосфатите са най-често влаганите добавки по няколко причини: повишават водозадържащия капацитет (ВЗК), повишават рандемана и стабилизират месните емулсии, намаляват загубата на тегло при готвене, подобряват структурата и сензорното възприятие (крехкост, сочност, цвят, вкус) и увеличават на срока на съхранение на продукта.

Съобразно изискванията на Европейското законодателство, и по специално на Регламент (ЕО) № 1333/2008, който регулира употребата и максималните нива на влаганите в храните добавки, използването на фосфати и полифосфати в месото и месните продукти, подлежи на определени ограничения. В непреработено месо тези добавки не могат да бъдат влагани; в месните заготовки те могат да бъдат влагани само в т. нар. *breakfast sausages*, а в преработено месо, непременно термична обработка, могат да се влагат при максимално ниво 5 000 mg/kg, изразено като P_2O_5 без ограничение за вида на преработения продукт. В тази връзка от съществено значение е да бъде ясно дефинирано дали даден продукт принадлежи към категорията месна заготовка или продукт от птиче месо.

1. *Основни дефиниции от Европейското законодателство - Регламент (ЕО) № 853/2004, Регламент (ЕО) № 852/2004, Регламент (ЕО) № 1234/2007 и Регламент (ЕО) № 1333/2008*

„Месна заготовка“ е прясно месо, включително месо накълцано на парченца, към което са добавени хранителни продукти, подправки и добавки или което е преминало през процеси, които не са успели да изменят вътрешната структура на мускулните влакна на месото и не са премахнали характеристиката му на прясно месо.

„Прясно месо“ е месото, което не е минало през друг процес на консервиране освен охлаждане, замразяване или бързо замразяване, включително месо, което е във вакуумна обвивка или е обвито в контролирана среда.

„Месни продукти“ са преработените продукти в резултат на преработката на месо или на допълнителна преработка на такива преработени продукти, при която е видно, че продуктите вече не притежават характеристиките на прясно месо.

„Преработка“ означава всяко действие, което променя значително изходния продукт, включително нагриване, опушване, консервиране, узряване, изсушаване, мариниране, екстрахиране, екструдирани или комбинация от тези процеси;

„Непреработени продукти“ са храните, които не са претърпели преработка и включва продукти, които са разделени, разделени на парчета, прерязани, нарязани на филии, обезкостени, накълцани, обелени, стрити, отрязани, почистени, обрязани, очистени от люспите, смляни, охладени, замразени, дълбоко замразени или размразени;

Съгласно повите изисквания на Регламент (ЕО) № 1333/2008 и неговите изменения Регламент (ЕО) № 1129/2011 и Регламент (ЕО) № 1130/2011 добавки и по специално фосфати и полифосфати могат да се прилагат при следните условия:

При „Месни заготовки“, както са определени в Регламент (ЕО) № 853/2004 - Е 338 - 452 (Фосфорна киселина — фосфати — ди-, три- и полифосфати) могат да се влагат при максимално ниво 5 000 mg/kg, изразено като P₂O₅ **САМО в breakfast sausages**; при този продукт месото е смялно така, че мускулната и мастна тъкан да са напълно диспергирани, така че влакнините да образуват емулсия с мазнината, откъдето идва и типичният вид на тези продукти

При „Преработено месо, непременно термоична обработка“ -- Е 338 - 452 (Фосфорна киселина — фосфати — ди-, три- и полифосфати), могат да се влагат при максимално ниво 5 000 mg/kg, изразено като P₂O₅ като не е посочено ограничение за преработения продукт.

При „Преработено месо, преминало термоична обработка“ - Е 338 - 452 Фосфорна киселина -- фосфати — ди-, три- и полифосфати, могат да се влагат при максимално ниво 5 000 mg/kg, изразено като P₂O₅ **САМО В foie gras, foie gras entier, blocs de foie gras, Libamáj, libamáj egészben, libamáj**

От посочените дефиниции е видно че, **изменението на вътрешната структура на мускулните влакна е определящата характеристика, въз основа на която да се разграничат месните заготовки от продуктите от птиче месо. Това разграничаване е необходимо поради съществените различия по отношение на добавките, които могат да се влагат съобразно изискванията на Европейското законодателство.**

2. Структура на мускулните влакна

Мускулното влакно представлява многоядрена съкратителна клетка с диаметър 10 - 100 nm и дължина от няколко милиметра до 10 cm (1). Отвън е обвита от сарколема, която представлява трислойна мембрана с голяма еластичност. Това ѝ позволява да се променя непрекъснато в зависимост от промяната на обема на мускулното влакно при съкращение. В цитоплазмата се намират множество съкратителни елементи наречени миофибрили. Единично мускулно влакно може да съдържа от 1000 до 2000 миофибрили. Миофибрилите в него са така ориентирани, че саркомерите им (участък от миофибрилата, разположен между две Z линии) са на едно и също равнище. Саркомерът е изграден от успоредно въртящи се нишки, наречени протофибрили. Те биват тънки, съставени от актин и дебели, съставени от миозин. Актинът се свързва с миозина и образува *актомиозин*. Миофибрилите съдържат около 20 % протеини, а останалата част се заема от водата. Основно водата се разполага в самите миофибрили, в пространствата между тънките и дебели филаменти. Протеините в силно организираната структура на миофибрилата свързват водата химически. Водата също така физически се задържа във вътрешните пространства на миофибрилата.

Пилешкото месо се състои от 20 – 23 % протеини като 50 до 56% от тях са **миофибрилярните или солоразтворими** протеини. Те са неразтворими във вода, но повечето от тях са **разтворими в солеви концентрации над 1%**.

Три функционални свойства на мускулните протеини са много важни при суровините и продуктите от домашни птици. Това са (1) извличане на протеина и разтваряне, (2) задържане на водата, и (3) вискозитет. Количеството на протеина, което се освобождава и екстрахира от организираната структура на миофибрилата се повлиява от рН, концентрацията на соли, вид на солите и температурата. Тези фактори

повлияват и на водозадържащата способност на протеините. Вискозитетът на месото се увеличава по време на раздробяване, когато мускулните влакна набъбват и абсорбират вода.

3. *Ефект на солта и рН на добавяните разтвори*

Добавянето на сол намалява електростатичните взаимодействия между белтъчните молекули, и увеличава екстракцията на протеина, неговата разтворимост, и способност да свързва вода. рН на птичето месо също има голяма влияние върху на извличането, разтворимостта и водозадържащата способност на мускулните протеини. Свързването на водата е най-ниско при изоелектричната точка на миозина и актина (близо до рН 5.0). Протеините са без заряд при изоелектричната точка и са склонни да формат агрегати. Водозадържащата способност на мускулния хомогенат се увеличава с нарастване на рН. Тъй като с увеличаване на рН, протеините, стават по-отрицателно заредени, а това води до увеличаване на отблъскваща сила между протеините в рамките на нишките, което впоследствие позволява миофибрилата да набъбне и да задържа вода. При влагането на солеви разтвори, миофибрилите могат да набъбнат и да повишат първоначалния си обем повече от два пъти (Offer and Trinick, 1983)

Алкалните фосфати са често използвани в продуктите от птиче месо. Те допринасят за по-голямата способност на мускулните протеини да задържат вода. Въвеждането на алкални фосфати увеличават рН на месото, обикновено с около 0,1 до 0,4 рН единици, и водят до възможността за увеличаване на рН и йонната сила на локално ниво около протеините. Тези промени позволяват на протеиновите вериги да се разгърнат, което разкрива хидрофилни участъци на повърхността и увеличава капацитета за свързване на водни молекули в мускулите и намалява загубата на влага по време на процеси, като например готвене и размразяване. Някои полифосфати, като пирофосфат и триполифосфат, имат способност да разрушат комплекса актомиозин в мускулните влакна, което води до облекчаване на мускулните влакна и увеличаване на пространството между нишките. Така, водата е в състояние да взаимодейства по-свободно с протеините и да се задържи в пространствата в рамките на нишките. Изследванията показват, че тетранатриевия пирофосфат (TSPP) и натриевия хексаметафосфат (SHMP) могат да разрушат напълно структурата миофибрилите; Z-диските изчезват при наблюдение с трансмисионен електронен микроскоп. Натриев триполифосфат (STPP) също разрушава структурата на миофибрилите, въпреки че Z-диските са все още видими при наблюдение с трансмисионен електронен микроскоп. (**The influence of polyphosphate marination on simmental beef shear value and ultrastructure** (SHU QIN XU, GUANG HONG ZHOU, ZENG QI PENG*, LI YAN ZHAO, RUI YAO *Journal of Muscle Foods* Volume 20, Issue 1, pages 101–116, January 2009)

Ефектите на влаганите фосфати върху структурата на мускулните влакна се благоприятства допълнително и при наличие на сол.

4. *Тумблиране и шприцоване на месото и месните продукти с влагозадържащи агенти – фосфати*

В практиката се използват широко редица методи за обработка на месото като мариноване в разтвори съдържащи различни соли като добавки в храни, вкл. готваска сол, фосфати, киселинни регулатори, консерванти, антиоксиданти, стабилизатори на цвета на месото и др. Най-често такива разтвори се въвеждат с или без принудително инжектиране или шприцоване, използва се масажирание под или без вакуум (т.нар. «тумблиране») или други методи за ускорено «зреене» и окрехкотяване на месото.

Шприцоването се осъществява посредством многоиглен шприц, с който става вкарване под налягане на разтвора от добавки в месото.

Тумблирането представлява силен масаж (tumbling) на месото, което се осъществява в машини наречени тумблери (ротиращи неръждаеми барабани), като целта е да се получи крехко и податливо на следваща обработка месо. Тумблерите се състоят от въртящи се от неръждаема стомана барабани от различен тип, които позволяват късове месо да се въртят и масажират на студено и под налягане. Месото бива повдигано посредством направляващи прегради към горната част на барабана, откъдето парчетата падат и удрят месната маса под себе си. По този начин се получава значително механично въздействие като се предизвиква трансфер на кинетична енергия и триене, което прави месото по-еластично и екстрахира солоразтворимите протеини на повърхността на месото. Солоразтворимите протеини, извлечени по време на тумблирането формират кремообразен, лепкав ексудат на повърхността на месото (Сийгъл и др., 1978а). В последствие, при термична обработка протеините от този ексудат коагулират и се осигурява слепване на отделните месни късове. При тумблирането се нарушава мускулната тъкан. Съчетано с наличието на сол и фосфати, които повишават разтворимостта на протеините, се благоприятства разкъсването на клетъчните мембрани и се осъществява миграция на протеините на повърхността.

Тумблирането има троен ефект:

- по-бързо и равномерно се разпределя соловият разтвор в месото, което подобрява консистенцията на готовия продукт;
- значително разрушава влакнестата структура на месото, което води до оптимална разтворимост и екстракция на миофибрилярните мускулни белтъци;
- усилва и подобрява действието на осоляващите материали, солта и полифосфатите.

Механичното въздействие на тумблирането и масажирането повлиява външно разположените тъкани на месото, които отделят ексудат на повърхността. Част от вътрешната тъкан също може да бъде нарушена, което обяснява получаването на по-крехък продукт, проникването и разпределението на солевите разтвори и водозадържащия капацитет.

Тумблирането повлиява мускулната структура, то увеличава водозадържащата способност на мускулните късове и гарантира добрата им спойка. Един от ключовите фактори, които са отговорни за това, е подходящо екстрахиране на солоразтворимите миофибрилярни белтъци. Освен от химичния ефект на съставките на влаганите разтвори (които повишават рН и йонната сила на разтворите, подпомагат отварянето на протеиновите вериги и екстракцията на белтъците), разтворимостта на мускулните белтъци зависи и от механичния ефект осъществен по време на окрехкотяването и тумблирането. Получават се множество разкъсвания в мускула, които са причина за нарастване на повърхностната екстракция на белтъците. Масажирането, получено чрез удране и триене, подпомага проникването и разпространението на добавяните разтвори, разтворимостта и екстракцията на белтъците и излизането и разпространението на тези солоразтворими белтъци върху мускулната повърхност. Степента на окрехкотяване, в комбинация с времето и интензивността на масажиране, води до повишаване на рандемана и спойката на мускулните парчета.

В практиката се прилага и т. нар. предварително масажиране, където се използва налягане върху мускулните късове от порядъка на $60-100 \text{ kg/cm}^2$. То причинява разтягане и разделяне на клетките и нарастване на междуфибрилярните свободни пространства. То се отразява върху по-добрата и по-бърза абсорбция на саламурата, намалява ефективното време за тумблиране и увеличава мускулната спойка. Ефектът на предварителното масажиране се основава на приложение на налягане върху месната

маса, което разкъсва мускулната тъкан на клетъчно ниво и в частност влияе върху клетъчните мембрани, което улеснява отделянето на саркоплазмени и миофибрилярни белтъци в междуклетъчните пространства. Широко прието е че, нарастването на йонната сила на средата, причинено от действието на натриевия хлорид и фосфатите, улеснява екстракцията на миофибрилярните белтъци. Чрез прилагане на умерено налягане върху клетките, което разкъсва мембраните им, екстракцията протича по-бързо и по-ефективно. В резултат се наблюдават различия в междумускулните пространства и подреждането на клетките в необработеното, в сравнение с месото след обработка чрез инжектиране и предварително масажирание.

Тумблиране на месото в присъствието на сол разрушава мускулната тъкан, което позволява на мускулните влакна да абсорбират вода и да набъбнат, което води до увеличаване на вискозитета на масата. Също така, организираният лебел и тънки нишки на саркомерите се разрушават поради разтваряне и извличане на миофибрилярните протеини. Отделни миофибрили се освобождават от мускулните влакна като са разпокъсани на по-малки парчета.

5. *Комбиниран ефект на механичното въздействие и влаганите добавки*

В каква степен ще се изменят мускулните влакна, най-общо зависи от ефективността и продължителността на тумблирането, от вида и концентрацията на използваните солеви разтвори, използването на фосфати. Използването на сол и добавки, води до изменения в ултраструктурата на мускулите (Knight & Parson, 1988; Offer & Trinick, 1983; Parsons & Knight, 1990). Такива изменения на морфологията на миофибрилите се обяснява с повишаване на разтворимостта на миозина поради нарастването на йонната сила при добавянето на соли (Offer & Knight, 1988; Offer & Trinick, 1983). Физичното въздействие също води до модификации в структурата на месото (Astruc et al., 2006; Labas, Astruc, Taylor, Martin, & Vendevre, 2006; Theno, Siegel, & Schmidt, 1978; Tyszkiewicz & Jakubiec-Puka, 1995). Важно е да се отбележи, че изменението на саркомерите се определя от едновременното въздействие на двата фактора – йонната сила и продължителността и силата на процеса на механичното въздействие. (Ripoche, Le Guern, Martin, Taylor, & Vendevre, 2001). Освен това, изследванията показват, че при едни и същи условия на третиране се наблюдават различни промени при различните видове месо. Изследванията при мляно говеждо месо, подложено на смилане, масажирание и третиране със сол (конц на натриев хлорид – 0.8 и 1.6 %) не показват съществено изменение на клетъчната структура на месото и характеристиките на прясно месо са запазени (st !). Хистологични изследвания от други автори върху мляно говеждо месо показват, че влагането на 1.6 % натриев хлорид е достатъчно за да предизвика значимо увреждане на мускулните влакна (42 % от мускулните влакна). При други изследвания, при които е използвано свинско месо Ripoche et al. (2001) е установено разрушаване на клетъчните структури със загуба на редица саркомери и разтваряне на Z линиите при използването на 0.8% NaCl, докато при 1.3% NaCl е индуцирана пълна загуба на саркомерите. (Ngapo, Babare, Reynolds, & Mawson, 1999a; Ngapo, Babare, Reynolds, & Mawson, 1999b)

Структурните промени, които настъпват с клетъчните мембрани и мускулните влакна стават по-ясно изразени с продължителността на процеса на масажирание [Katsaras & Budras, 1993; Müller, 1989; Theno et al., 1978; Siegel et al., 1978]. То улеснява абсорбцията на солевия разтвор, увеличава екстракцията на протеините, и най-вече подпомага изнасянето на протеините – основно миофибрилярните – на повърхността на мускулите. Следователно може да се каже че, процеса на масажирание повлиява мускулната тъкан посредством въздействие, което променя свойствата на месото в

следствие на изменение на неговите протеини, основно на фракцията миофибрилярни протеини. [Stanley *et al.*, 1994; Tyszkiewicz & Jakubiec-Puka, 1995; Dolatowski, 1999]. Чрез ускоряване на разкъсването на протеиновите структури в мускулната тъкан, то предизвиква механично окрежкотяване при мариноването [Stanley *et al.*, 1994]. Динамиката на хистологичните изменения, които се осъществяват се повлиява от вида и продължителността на масажирането и протичат ускорено в присъствие на сол и фосфати при процеса на масажиране Siegel *et al.* [1978].

Много изследователи при анализирането на хистологичната структура, докладват наблюдавани различия както между месата от различни животински видове, така и между различните типове мускулни тъкани [Liu *et al.*, 1996; Oryl, 2004; Gajowiecki *et al.*, 2001]. Тези различия се отнасят до мускулната консистенция [Shackelford *et al.*, 1995] и структура [Wiklund *et al.*, 1998] както и податливост към процеса на масажиране [Motycka & Bechtel, 1983; Shackelford *et al.*, 1989; Gajewska-Szczerbal & Krzywdzińska-Bartkowiak, 2005]. Според Lachowicz *et al.* [2003], всеки тип мускулна тъкан изисква различни параметри на процеса масажиране.

Тумблирането и масажирането на месото ускорява дифузията на солта и създава по-равномерното ѝ разпределение. Механичното въздействие съдейства за изменението на структурата на месото на клетъчно ниво (Cassidy *et al.*, 1978), като промотира по-ускореното действие на добавките като сол, нитрати, фосфати и разпределението им в месото (Krause, Plimpton, Ockerman, & Cahill, 1978). Тумблирането и съставките на добавения разтвор действат комбинирано и предизвикват структурните изменения (Theno, Siegel, & Schmidt, 1978), указвайки влияние върху по-високия добив (Shackelford *et al.*, 1989; Velinov, Zhikov, & Cassens, 1990). Промяната в структурата на месото подпомага и извличането на солоразтворимите протеини на повърхността, където те образуват лепкав ексудат, който коагулира при нагриване и повишава свързването между късовете месо (Siegel, Theno, & Schmidt, 1978; Siegel, Tuley, Norton, & Schmidt, 1979; Velinov *et al.*, 1990).

Механично въздействие върху месото посредством тумблиране заедно с инжектирането на разтвори, съдържащи добавки като фосфати, сол и други често се прилагат в практиките, тъй като посредством разрушаването на клетките и действието на добавките се постига повишаване на водозадържащия капацитет на месото (Chow, Ockerman, Cahill, & Parrett, 1986). Освен това, посредством тумблирането се обеснява повишаването на крехкостта и сочността на месото като резултат от изменението на неговата структура. (Dzudie & Okubanjo, 1999; Hullberg, Johansson, & Lundstroem, 2005a; Rejt, Kubicka, & Pisula, 1978).

Изводи:

Тумблирането, масажирането, или смесването в присъствие на сол и добавки променя структурата на мускулните влакна, тъй като води до набъбване на мускулните влакна, разкъсване на миофибрилите и екстрахиране и разтваряне на миофибрилните протеини. Механичното въздействие съдейства за изменението на структурата на месото на клетъчно ниво, като промотира по-ускореното действие на добавките като сол, нитрати, фосфати и разпределението им в месото. Тумблирането и съставките на добавения разтвор действат комбинирано и предизвикват структурните изменения, указвайки влияние върху по-високия добив.

В каква степен ще се изменят мускулните влакна зависи както от ефективността и продължителността на тумблирането, така и от вида и концентрацията на използваните солеви разтвори и фосфати.

Изменението в структурата се определя от едновременното въздействие на двата фактора -- йонната сила и рН на използваните солеви разтвори и продължителността и силата на процеса на механичното въздействие.

Effect of curing by injection method, massaging and pasteurization on histological changes of bovine muscles M. K.-Bartkowiak, H. G.-Szczerbal, 2007, EJPAU 10(2), 19.

Analysis of changes of the histological structure of ham muscles as affected by curing and thermal treatment M. K.-Bartkowiak, H. G.-Szczerbal, T. Korbik, 2007, Pol. J. Food Nutr. Sci., 57 (2), 227-232

Monitoring phosphate marinade penetration in tumbled chicken filets using a thin-slicing, dye-tracing method Y. L. Xiong, D. R. Kupski, 1999, Poultry Science 78:1048-1052

Effect of tumbling and RN genotype on sensory perception of cured-smoked pork loin, A. Hullberg, L. Johansson, K. Lundstrom, 2005, Meat science 69, 721-732

Beef sausage structure affected by sodium chloride and potassium lactate T. Astruc, R. Labas, J. L. Vendevre, J. L. Martin, R. G. Taylor, 2008, Meat science 80, 1092-1099