

## Enzymatické systémy, ktoré sa zúčastňujú zrenia a krehnutia mäsa. II

E. BYSTRICKÁ

Článok je pokračovaním článku „Enzymatické systémy, ktoré sa zúčastňujú zrenia a krehnutia mäsa“ [Bulletin VÚP — SPA, **10**, 1971, č. 1, s. 25]. Autorka už v uvedenom článku sa zamerala hlavne na spôsob činnosti sústav enzýmov pri zrení a krehnutí mäsa, kinetiku enzýmami katalyzovaných reakcií, na svalové tkanivo, jeho metabolické procesy, zloženie, a hlavne na postmortálne zmeny svaloviny zvierat. Detailne sa venovala postmortálnej glykolýze a rôznym enzymatickým systémom, ktoré ju ovplyvňujú, biochemickým, chemickým a fyzikálnym zmenám postmortálnej svaloviny.

V tomto článku sa autorka zameriava na niektoré iné faktory, ktoré priamo alebo nepriamo ovplyvňujú krehkosť mäsa a sú väčšinou podmienené činnosťou enzymatických sústav, aj keď v niektorých prípadoch nie priamo. Zásadne všetky faktory možno rozdeliť na ante- a postmortálne. Sú to práve antemortálne faktory, ktoré sa potom post mortem prejavujú a takto ovplyvňujú krehkosť mäsa, ktorá je vždy podmienená činnosťou enzymatických sústav.

Problemátike krehkosti mäsa sa až po druhej svetovej vojne venovala patričná pozornosť. Bol to hlavne dôsledok zavedenia zmrazovania bravčového a hovädzieho mäsa a hydiny a ich distribuovanie v zmrazenom stave. Nakoľko konzument za jedno z najdôležitejších kritérií akosti mäsa považuje jeho krehkosť, vo viacerých štátoch, najmä v priemyselne vyvinutých, sa značná časť potravinárskeho výskumu, zameraného na zlepšenie akosti rôznych druhov mäsa, zamerala práve na krehkosť, jej zlepšenie, usmernenie zrenia mäsa atď. Ako pracovníci rôznych odvetví, ktoré môžu ovplyvniť krehkosť konečného produktu správnym výberom či už kŕmnej techniky, chovu a ostatných faktorov, tak i výrobcovia volia optimálne spôsoby a časy zrenia mäsa.

Chemické vlastnosti živej svaloviny spôsobujú rozdiel v krehkosti mäsa. Taktiež aj chemické a fyzikálne vlastnosti, ku ktorým dochádza počas jej premeny na mäso, ako i nasledovným zrením. V oblasti fyziológie a chémie sa už publikovalo veľa vedeckých prác o rôznych teóriách krehnutia a zrenia mäsa, ako aj o vplyvoch, ktoré tieto pochody môžu usmerniť. Najviac prác sa objavovalo medzi rokmi 1959 a 1966.

V poslednom čase sa výskum zameriava na zistenie špecifických údajov, ktoré pomôžu objasniť vplyv antemortálneho ošetrenia na vlastnosti svaloviny mäsa, súvisiace s krehkosťou. Skúma sa najmä, do akej miery ante- a postmortálne ošetrenie môže ovplyvniť rýchlosť a rozsah glykolýzy, podmienky rigoru mortis, konečné pH, štruktúru a schopnosť udržať šťavu a krehkosť mäsa. Taktiež sa skúmajú zmeny krehkosti, ku ktorým dochádza v dôsledku antemortálnych faktorov, a to hlavne metódy zabitia zvierata, vykrvácania, chladenia a vlastnej technológie výroby. Skúma sa tiež vzťah spojivového tkaniva a tuku mäsa k jeho krehkosti, zmeny týchto zložiek, ktoré nastávajú počas glykolýzy. Otázky rýchlej, ako i pomalej glykolýzy sú problémom, a ak by sa ho podarilo vyriešiť, mohlo by sa očakávať v mäsovom priemysle podstatné zlepšenie čo do krehkosti mäsa.

Tabuľka 1. Tenderizačné faktory mäsa

1. Antemortálne		2. Postmortálne	
Námaha zvierata pred zabitím a technika kŕmenia Zmeny prostredia, v ktorom je zviera pred zabitím Plemeno a chov Pohlavie Vek a váha zvierata v čase zabitia Chemické zloženie a vlastnosti svaloviny (obsah tuku, anorganických solí, rozpustnosť kolagénu atď.) Aktivita svaloviny Aktivita enzýmov Umelá antemortálna tenderizácia	Rôzne spôsoby zabitia zvierata	Vykrvácanie Aktivita enzýmov Glykolýza (zачіаток rigoru mortis, rozloženie rigoru mortis, ukončenie rigoru, zrenie mäsa) Umelá postmortálna tenderizácia	Rôzne spôsoby úpravy (varenie, smaženie, pečenie atď.)

Medzi antemortálne faktory, ovplyvňujúce krehkosť mäsa, v prvom rade patrí námaha zvierata pred zabitím. Najdôležitejším problémom pri zisťovaní jej vplyvu bol vzrast a pokles koncentrácie glykogénu. Námaha, ktorú zviera podstúpilo niekoľko dní pred zabitím, nemala žiadny vplyv, pretože glykogén sa resyntetizoval, vyčerpávajúca námaha krátko pred zabitím zvierata vyčerpávala zásoby glykogénu. Ďalším faktorom je kŕmenie. Gibbon a Rose (1959) dokázali, že bravčová svalovina s nízkym a jednotným pH sa dosiahne vtedy, ak sa zviera pred zabitím kŕmilo 1,5 kg cukru. Wiesmer-Pedersen (1959) zistil, že ak sa zviera pred zabitím kŕmi cukrom, zvyšujú sa zásoby glykogénu svaloviny a znižuje sa hodnota konečného pH. Bates-Smith zistil, že ak sa obmedzí kŕmenie bravov po 145 dní na kŕmenie len stebami pšenice, v porovnaní s kontrolnými vzorkami, má to za následok značné rozdiely cukru v krvi, glykogénu v svalovine alebo glykogénu v pečeni. Ludvigsen (1955) blokoval metyluracilom aktivitu tyroidu,

ktorý spôsobuje zhromažďovanie glykogénu. Keď sa zviera krmilo jódovým kazeinátom, vo wisconsinskom laboratóriu sa dosiahli podobné výsledky, ako keď sa pred zabitím zviera krmilo 10 dní metyluracilom (B r i s k e y, 1961). Svalovina stehien týchto ošípaných v porovnaní s kontrolnými vzorkami bola bledá, mäkká a exsudatívna. Keď sa tieto zvieratá za účelom zníženia hladiny glykogénu podrobili námahe, akosť svaloviny sa merateľne zlepšila. H e d r i c k a iní (1950) dokázali, že epinefrínová injekcia 24 hodín po zabití zvierata, zapríčiní vyčerpanie glykogénu. Podľa týchto autorov rozloženie glykogénu nemalo znateľný vplyv na ďalšiu použiteľnosť, včítane krehkosti. T r a u t m a n (1963) a iní dokázali, že podávanie adrenalínu per os zabránilo rozvoju podmienok na vytvorenie bledej a vodnatej svaloviny. Obsah glykogénu sa taktiež podstatne znížil, spomalilo sa zníženie pH, znížili sa straty varením a zvýšila sa krehkosť.

L e w i s a iní (1959) dosiahli zlepšenie farby, štruktúry a krehkosti periodickými elektrickými šokmi. Podobné výsledky sa dosiahli injekciami zinok-protamín inzulínu 12 hodín pred zabitím zvierata.

B r i s k e y pred zabitím krmil zvieratá sacharózou a vystavil ich vyčerpávajúcej námahe. Keď sa ku krmivu pridali vysoké dávky sacharózy, chemické a fyzikálne vlastnosti svalu *Gluteus medius* sa zhoršili. Ošípané, ktorým sa dávala vysoká dávka sacharózy, mali svalovinu s vysokým obsahom glykogénu, a v prvej polhodine po zabití zvierata sa zdalo, že sa glykogén rýchlejšie rozkladá. Taktiež hodnota konečného pH bola nižšia. Tieto svaloviny mali vysoké percento vytlačiteľnej vody a mali bledú farbu a mäkkú konzistenciu. Krehkosť a straty na váhe varením svalovín týchto ošípaných sa uvádzajú v tabuľke 2.

Tabuľka 2. Vzťah krmenia zvierata sacharózou a námahy ku krehkosti svaloviny (a, b) (*Gluteus medius*)

Vlastnosť	kontrola	Ošetrovanie, námaha a kontrola	sacharóza	Námaha námaha sacharóza
Krehkosť c	2,48	2,68	2,17	2,48
straty varením %	33,31	30,75	34,40	32,90

- a) vlhkotepelné varenie,
- b) 12 ošetrovaných ošípaných,
- c) hedonický systém.

Tieto vzorky sa pripravili vlhkotepelným varením, takže rozdiely sa nezvýšili, avšak bledá, mäkká a vodnatá svalovina z ošípaných krmných sacharózou bola zjavne menej krehká a vykazovala vyššie straty varením ako kontrolné vzorky. Pri tmavej, pevnej svalovine z ošípaných, ktoré sa vystavili námahe, boli kontrolné vzorky najkrehkejšie a mali najnižšie straty varením. Rozdiely v štruktúre boli zjavné ešte aj vo vyrobených produktoch.

Bledé, vodnaté mäso zo stehien ošípaných, ktoré sa kŕmili sacharózou, bolo i po konzervovaní a údení stále bledé, mäkké a exsudatívne.

Sayre, Briskey a Hoekstra (1963) robili pokusy na zistenie vplyvu jednorázového kŕmenia na vlastnosti svaloviny a porovnávali ich výsledky s výsledkami, ktoré dostali pri niekoľkodennom kŕmení sacharózou. Osinska a Kielanowski (1960) taktiež dokázali vzťah medzi efektívnosťou kŕmenia a akosťou svaloviny.

Pre stanovenie postmortálnych chemických a fyzikálnych vlastností svaloviny množstvo zásob glykogénu vo svalovine v čase zabitia je len vtedy dôležité, ak:

- a) glykogén je využiteľný alebo schopný degenerácie;
- b) činnosť enzýmov, ktoré sa zúčastnia glykolýzy alebo rozpadu glykogénu, nie je inhibovaná klesajúcim pH.

Zistilo sa, že rýchlosť, ktorou nastáva rozpad glykogénu post mortem, má väčší vplyv na vlastnosti svaloviny ako celé množstvo glykogénu, ktoré je prítomné v čase zabitia. Larnier a iní zistili, že fosforyláza svaloviny prednostne degraduje väčšie molekuly. Na základe týchto istých výsledkov predpokladal Sayre (1963), že vlastnosti glykogénu sa môžu líšiť za rôznych nutričných a genetických vplyvov a môžu sa stať faktorom pri regulovaní rýchlosti množstva postmortálnej glykolýzy, ako to doplnil Lawrie a iní (1959).

Sayre a iní (1963) skúmali dĺžky reťazcov glykogénu, ktorý izolovali z Longissimus dorsi 3 plemien ošípaných Hampshire, Poland China a Chester White, ktoré sa líšili rýchlosťou a rozsahom postmortálnej glykolýzy. Vo všetkých prípadoch sa dĺžka reťazcov glykogénu skrátila počas postmortálnej glykolýzy. Pri plemene Chester White, ktoré vykazovalo najmenšiu rýchlosť postmortálnej glykolýzy, dochádzalo k najväčším zmenám v štruktúre molekuly glykogénu. Avšak pri plemene Poland China bola rýchlosť glykolýzy najväčšia a dĺžka reťazcov glykogénu svaloviny sa počas celého postmortálneho glykolytického obdobia len mierne skrátila.

Kŕmenie ošípaných sacharózou zvýšilo zásoby glykogénu svaloviny, v dôsledku čoho sa skrátila dĺžka reťazca glykogénu svaloviny v porovnaní s dĺžkou reťazca svaloviny zvierata, ktoré nechali 70 hodín hladovať. Uvedené konštatovanie potvrdzuje domnienku, že zmena dĺžky vonkajšieho reťazca molekuly glykogénu môže mať vplyv na rýchlosť rozpadu jeho molekuly.

V súčasnom období nie je ešte známe krmivo, ktoré by malo jednoznačný vplyv na krehkosť hovädzieho a bravčového mäsa. Nezistilo sa, že by prídavné látky, ako antibiotiká, hormóny a upokojujúce prostriedky mali podstatný vplyv na krehkosť rôznych mias. Je však zistené, že mramorovanie je dôsledkom kŕmenia a každá dávka alebo program kŕmiaceho postupu, ktorý stimuluje rýchlosť výkrmu a tým zároveň tendenciu k mramorovaniu, zlepší krehkosť.

Ďalším faktorom, ktorý ovplyvňuje krehkosť, je zmena prostredia, v ktorom sa zvierata nachádzajú. Prostredie pôsobí na rovnomernosť rýchlosti rastu, čo zjavne ovplyvňuje množstvo uloženej spojivovej tkáň. Sayre a iní (1961) vo svojich predošliých prácach uvádzali, že ak sa prostredie, v ktorom sa zvierata nachádzajú, veľmi rýchlo mení z teplého

na studené, v niektorých prípadoch dochádza k prudkému zníženiu glykogénu svaloviny alebo k zjavnému poklesu rýchlosti rozpadu ATP, post mortem. V niektorých prípadoch bola svalovina pevnejšia a suchšia. Keď sa okolitá teplota menila — z nízkej na vysokú — dochádzalo k zhoršeniu akosti.

S a y r e a iní (1963) ďalej robili pokusy, aby dokázali vplyv zvýšenia teploty na postmortálnu glykolýzu a na rigor mortis. Tepelným ošetrovaním 42—45 °C počas 20—60 minút vo vysokotepelnej regulovanej komore dosiahli najsignifikantnejšie výsledky pri pokusoch, pri ktorých zvieratá museli podstúpiť týranie a námahu, a to najmä čo do udržania šťavy a zhoršenia štruktúry.

Kombinácia vysokej teploty za podmienok nízkeho pH má za dôsledok tepelné scvrknutie alebo hydrolýzu spojivového tkaniva, ktoré je pripojené ku kostiam, čo potom umožňuje uvoľnenie od svaloviny.

V iných pokusoch, keď sa zvieratá vystavovali vysokým teplotám, skúmali sa podmienky glykolýzy vo vzťahu ku krehkosti čerstvej svaloviny. Keď rigor mortis prebiehal dosť rýchle, za podmienok rýchlej glykolýzy s nízkym pH, svalovina bola extrémne bledá, nevyhovujúca. Celkové extrahovateľné bielkoviny poklesli zhruba na 50 % celkového dusíka a vôbec nebola krehká. Naopak, keď časový priebeh rigoru mortis bol stredný až dlhý, za podmienok normálnej a pomalej glykolýzy (pH 6,0), rozpustnosť bielkovín kolísala od 60—70 % a svalovina bola veľmi krehká. Za účelom skúmania vplyvu plemena a chovu na krehkosť mäsa Florida Agricultural Station použila 538 teliat, býkov, jalovíc, kráv a volov známeho plemena a veku. Pri tomto výskume sa mäso zabitých zvierat nenechalo zrieť, avšak od bedier sa svalovina oddelila, ktorá sa potom narezala na rezne, zabalila, mrazila 48 a 72 hodín post mortem pre ďalší postup zrenia. Štvorčlenná posudzovacia komisia vyhodnotila krehkosť pečených rezňov z každého zvierata. Zistili sa vzťahy medzi vekom a krehkosťou v rámci jednej skupiny chovu. Hoci vzťahy boli významné, vek pri zabití zvierata v týchto pokusoch ovplyvnil len 4 % rozdiel v posudzovaní stupňa zrelosti komisiou.

Mnoho výskumu sa venovalo, najmä v USA, zisteniu vplyvu plemena na krehkosť najmä pri hovädzom dobytku (Carpenter, Palmer, Huffman, Alsmeyer a iní). Zistilo sa, že plemennosť má veľký vplyv na krehkosť.

Pre vplyv plemena na krehkosť bravčového mäsa je k dispozícii menej vedeckých poznatkov, avšak podľa prístupných výsledkov výskumu je jasné, že i tu plemeno ovplyvňuje krehkosť.

Vo všeobecnosti sa predpokladá, že pohlavie má malý vplyv na krehkosť. Avšak váha a vek zvierata ju ovplyvňujú v značnom meradle.

Hiner a Hankins študovali vplyv veku zvierata v čase zabatia, pričom použili 52 zvierat, ktoré nechali zrieť 12—15 dní pri 0,7—1,8 °C. Zabité zvieratá boli dospelé kravy, tri roky staré jalovice, 16-mesačné voly, sedemročné býčky a 2 ½-mesačné teliatka.

Na základe získaných poznatkov prišli k záveru, že krehkosť mäsa klesá s pokročilosťou veku zvierata. Tuma a iní (1962) porovnávali krehkosť 24 kráv plemena Hereford 18, 42 a 90 mesiacov starých. Zvieratá boli z toho istého chovu. Krehkosť značne poklesla, keď vek zvie-



rata pokročil. Najväčšie rozdiely boli medzi 18 a 42 mesiacov starými zvieratami. 42 a 90 mesiacov staré zvieratá, čo do krehkosti, boli téměř rovnaké.

Henrickson (1962) získal údaje Warner-Bratzlerových strižných hodnôt pri 56 býkoch a kravách toho istého chovu Herefordského plemena. Zvieratá zabili vo veku 6, 18, 42 a 90 mesiacov, mramorované bolo prevažne „mierne množstvo“ alebo „mierne zvýšené množstvo“.

Goll a iní (1962) skúmali rýchlosť rozpustnosti spojivového tkaniva, ktorá je spôsobená kolagenázovým postupom, vo vzťahu k veku zvierata. Zvieratá sa skladali zo skupín teliat, kráv, starších kráv a býkov. Keď vek stúpal, zistil sa pokles rýchlosti rozpustnosti, s výnimkou skupiny býkov.

Carpenter a iní (1962) taktiež vo svojich pokusoch uvádzajú, že stúpaním veku klesá krehkosť bedier. Na to, aby sa tento vzťah mohol biochemicky vysvetliť, chýbajú údaje o spojivovom tkanive, hoci sa predpokladá, že môže dochádzať k určitým zmenám v spojivovom tkanive počas procesu zrenia. Warner-Bratzlerove strižné hodnoty a výsledky posudzovania posudkovou komisiou pre 206 bedier známeho pôvodu vykazujú významné rozdiely medzi 4—4 1/2-mesačnými, 6—7-mesačnými, 9—11-mesačnými a 36—42-mesačnými skupinami. Nezistili sa rozdiely krehkosti medzi 9—11-mesačnou a 15—18-mesačnou skupinou.

Čo sa týka chutnosti šuniek, táto tiež klesala so vzrastom chronologického veku zvierata. Chutnosť bola prijateľná pri priemyselne údených šunkách z 439 zabitých bravov, ktorých váha kolísala od 45—180 kg a v čase zabitia mali 4—42 mesiacov.

Alsmeyer (1962) meral krehkosť pomocou Warner-Bratzlerových strižných hodnôt pri 98 bravoch, zabitých pri rôznych váhach, a zistil len bezvýznamné rozdiely medzi váhovými a vekovými skupinami.

Strižné hodnoty, ktoré sa získali v pečenom svaľe L. dorsi, naznačujú, že zvieratá staré 18 mesiacov boli krehkejšie ako zvieratá 6, 42 a 90 mesiacov staré.

Bude nutné, aby sa výskum aj naďalej zamerail na skúmanie vplyvu veku sa krehkosť. Okrem skúmania tohoto faktoru na hovädzie a bravčové mäso robili sa pokusy aj s mäsom hydiny. Schimpton porovnával relatívny vplyv výrobného postupu a vplyvu veku hydiny na krehkosť. Podľa jeho výsledkov je jasné, že 2-mesačná hydina sa nebude považovať za tuhú bez ohľadu na výrobné postupy, keď sa porovná so 6-mesačnou alebo 18-mesačnou hydinou.

Peterson a iní uvádzajú rovnaké výsledky, potvrdzujú definitívny vzrast tuhosti s rastúcim vekom hydiny. Vo svojich štúdiách použili 13 týždňov starú, 19 mesiacov starú a 34 mesiacov starú hydinu. Svalovina prs mladšej hydiny bola znateľne tuhšia ako tmavá svalovina, ale tmavá svalovina starej hydiny bola mierne tuhšia ako prsná svalovina. Taktiež sa v štúdiu uvádza, že námaha alebo hormonálne ošetrovanie nemali významný vplyv na tuhosť.

Z týchto pokusov, týkajúcich sa vplyvu veku hydiny na krehkosť jej mäsa, je jasné, že ju vek definitívne ovplyvňuje. Vplyv nemožno dokázať, ak porovnáваме hydinu, ktorá sa líši len v niekoľkých týždňoch, ale iba vtedy, ak porovnáваме dospelú hydinu s hydinou nedospelou.

V posledných desiatich rokoch sa výskumní pracovníci, ktorí sa zaoberajú ovplyvnením krehkosti mäsa ako jeho prvotného akostného kritéria, čím ďalej, tým viac venujú umelej tenderizácii mäsa pridávaním rôznych proteolytických rastlinných enzýmov. Tejto problematike sa budeme venovať v ďalšom článku.

### S ú h r n

Výskum niektorých antemortálnych faktorov (namáhanie zvierat, technika kŕmenia, zmeny okolia atď.), ktoré majú priamy alebo nepriamy vplyv na zrenie a krehnutie mäsa. Na základe výsledkov výskumu v priemyselne vyspelých krajinách sa dosiahlo podstatné zlepšenie mäsa riadením jeho zrenia a krehnutia.

Энзиматические системы, которые принимают участие на созревании и хрупкости мяса. 2

### Выводы

Наблюдение некоторых антёмортальных факторов (нагрузка зверя, техника кормления, изменения среды, и т. д.), которые прямо или косвенно влияют на созревание мяса и его хрупкости. Результаты исследования, на основе которых в промышленно-развитых странах значительно улучшилось качество мяса за счет управления процессами созревания мяса.

Enzymatic systems which take part at the ageing and tenderizing process of meat. II.

### S u m m a r y

The research of some antemortal factors (training of animals, the technic of feeding, change of environment, etc.), which have a direct or indirect influence on the ageing and the tenderizing process of meat. Research results which are the main principles by which in industrial developed countries was in the practice achieved a substantial improvement of the quality of meat by consequent regulation of the ageing and tenderizing process.