

Štúdium niektorých enzýmov a zmien prebiehajúcich pri zrení mäsa

F. KLEMPOVÁ, M. ŠULEKOVÁ

Jednou z najdôležitejších častí biochémie je časť, ktorá sa zaoberá činnosťou enzýmov, pretože enzýmy prejavujú svoju činnosť v každej reakcii živej bunky. Život každej bunky a tkaniva je spätý s pochodmi metabolizmu, ktoré prebiehajú za účasti celého súboru rôznych enzymatických systémov.

Enzymológia dosiahla v posledných dvadsiatich rokoch neobyčajný rozmach a stala sa predmetom veľkého záujmu nielen teoretických odborov, ako biochémie, organickej chémie, genetiky, ale nadobudla široké uplatnenie i v rade aplikovaných odborov, ako napr. vo farmácii, klinickej biochémii, v potravinárstve, poľnohospodárstve a v najrozmanitejších technologických disciplínach.

I poznanie enzymatických systémov v metabolizme zvierat, ich vzájomnej spätosti, resp. súčinnosti, dynamiky a jej závislosti od vnútorných a vonkajších faktorov, ako i hľadanie možných zásahov, ktoré túto dynamiku v kladnom či zápornom smere ovplyvňujú, môže spôsobiť a v budúcnosti iste spôsobí zásadné zmeny v doteraz používaných technologických postupoch.

V súčasnom období existujú dve celkom reálne cesty aplikácie enzymológie v praktických odboroch. Prvá predstavuje využitie enzýmových preparátov a druhá enzýmovú analýzu.

Vzhľadom na vyššie uvedené zvolili sme pre svoje práce cestu druhú a venovali sme sa sledovaniu zmien aktivity niektorých enzýmov glykolytickej sústavy, ktoré prebiehajú pri zrení mäsa. Súčasne so zmenami enzymatickej aktivity sme sledovali zmeny obsahu glykogénu, redukujúcich cukrov, kyseliny mliečnej, zmeny obsahu vody celkovej, voľnej a viazanej, schopnosti mäsa viazať vodu, ako i zmeny pH.

Zrenie mäsa

Po zabíí zvierata začínajú v mäse prevládať procesy rozkladu, ktoré sú svojou povahou autolytické. Tento zložitý proces sa nazýva zrením mäsa – mäso sa stáva krehkejšim, šťavnatejším a dostáva špecifickú, príjemnú chuť a vôňu.

Mnoho chemických a fyzikálno-chemických zmien, ktoré prebiehajú po zabíí zvierata, spôsobuje činnosť niektorých tkaninových enzýmov, prítomných

v mäse (1). V počiatočných štádiách zrenia mäsa vznikajú také isté chemické zlúčeniny ako počas života, avšak iba krátky čas. Čoskoro sa v chemickom zložení objavujú nové produkty, ktoré poukazujú na katabolický charakter procesu. Nové zlúčeniny, ktoré vznikajú v mäse počas zrenia, nie sú chemicky neutrálne, ale navzájom reagujú rôznym spôsobom. Tieto vzájomné reakcie rôznych chemických zlúčení mäsa komplikujú nielen zložitost jeho organických a anorganických zlúčení, ale aj obohacujú a spestrujú chuť a vôňu mäsa, vplývajú na rozmiestnenie vody a iónov v jednotlivých štruktúrnych elementoch svalového vlákna a pod.

Rozsah celkových chemických zmien zrejúceho mäsa závisí od trvania týchto procesov a od ich intenzity. Určujú ich rôzne vnútorné, ako aj vonkajšie impulzy, no predovšetkým skladovacia teplota.

Jednou zo zmien, prebiehajúcich počas zrecích pochodov, je zmena pH. Svalové tkanivo za života zvierťa má reakciu neutrálnu až mierne alkalickú; pH sa pohybuje od 7,0 do 7,6. Po zabití nastáva prudký pokles pH, ktoré dosiahne obyčajne za 24 hod. minimum. Tieto najnižšie hodnoty sa pohybujú v hovädzom mäse obyčajne medzi 5,2 až 6,2. Závisia hlavne od obsahu glykogénu; u mäsa s vyšším obsahom glykogénu dochádza k väčšiemu okyseleniu ako u mäsa chudobného na glykogén. Následkom nerovnomerného rozloženia glykogénu v tele zvierťa dochádza i k rozdielnemu okyseleniu svalov.

Ďalšou zmenou, ktorú môžeme počas zrenia mäsa sledovať, je zmena obsahu glykogénu. Glykogén je polysacharid, ktorý sa nachádza v tkanivách živočíchov, najviac je ho však v pečeni. Vo svalovine hovädzieho mäsa sa ho nachádza priemerne 300 až 800 mg⁰%, zatiaľ čo v pečeni ho môže byť až 18 % (2). Celkový obsah glykogénu v mäse ihneď po zabití zvierťa závisí vo veľkej miere od glycidového metabolizmu zvieracieho organizmu bezprostredne pred zabitím. Vplýva naň okrem iného vek, plemeno, kŕmenie, predovšetkým však rozsah prác, ktoré vykonávalo jatočné zviera a jeho jednotlivé svaly 24 až 48 hodín pred zabitím. Svalstvo odpočínutého zvierťa obsahuje viac glykogénu ako svalstvo unaveného, postrašeného alebo rozčúleného. Pri hladovaní zvierťa alebo pri veľkej námahe môže jeho obsah vo svaloch klesnúť až na nulu. Najviac glykogénu je vo svaloch zvierat dobre živých, nie príliš pretučených a správne pripravených na zabitie. Je ho viac vo svaloch svetlých, menej namáhaných a pod.

Organizmus živého zvierťa vytvára glykogén z glukózy, ktorá prechádza do svalstva cirkuláciou z potravy alebo z glykogénovej rezervy pečene (3).

Keďže prerušením životných procesov zvierťa zabitím nie je glykogenolýza ničím brzdená, nemôže sa glykogén resyntetizovať a možno preto pozorovať zníženie jeho hladiny. Zmenšenie obsahu glykogénu závisí od jeho spojenia s inými zlúčeninami sarkoplazmy, od teploty, hrúbky svalovej vrstvy danej časti kusa, ako aj od fyziologickej funkcie počas života. Čím je teplota vyššia a hrúbka jednotlivých svalov alebo ich vrstiev väčšia, tým rýchlejšie klesá obsah glykogénu po zabití. Úmerne s postupom posmrtných zmien hladiny glykogénu sa mení aj obsah medziproduktov a konečných produktov glykogenolýzy a glykolýzy. Obsah týchto zlúčení je určitý čas nepriamo úmerný hladine glykogénu a iba v poslednom období klesá aj množstvo takých zlúčení, ako je glukóza a kyselina mliečna.

Zrenie mäsa je výsledok pôsobenia enzýmov samotného mäsa. Pôsobia tu

hlavne enzýmy glykolýzy, ktoré katalyzujú premenu glykogénu na kyselinu mliečnu. Vznikajúca kyselina mliečna vyvoláva rad dôležitých zmien vo fyzikálno-chemických faktoroch prostredia, najmä v zložení bielkovín, a upravuje pH prostredia pre optimálne pôsobenie enzýmov odbúravajúcich bielkoviny — proteínázy. Zdá sa, že glykolýza inhibuje metabolizmus bielkovín a nukleových kyselín. Z toho dôvodu nepodliehajú bielkoviny počas glykolýzy odbúraníu. Dostatočný obsah glykogénu v svalstve je nutne potrebný pre normálny priebeh zrenia mäsa, lebo glykolýzou sa potláča rozklad bielkovín, ktorý často prebehne až na amoniak.

Proces odbúrania glykogénu, ktorý začína enzým fosforyláza, prebieha stupňovite. Účinkom mnohých enzýmov, niekoľkonásobným zlúčením fosforu (fosforyláciou) a odlúčením fosforu (defosforyláciou) sa molekula glykogénu rozloží na stavebné elementy, na 6-uhlíkovú glukózu. Táto sa rozloží na 2 trojmolekulové úlomky, ktoré sa na konci procesu objavajú vo forme kyseliny mliečnej. Proces je charakterizovaný tým, že je exotermný a rozklad prebieha anaerobne. Dosiahnutím minimálnej hodnoty pH má byť glykogénová rezerva vyčerpaná a proces sa spomaľuje, resp. zastavuje. Vytvorili sa teda podmienky, ktoré činnosť niektorých enzýmov, resp. celej glykolytickej sústavy inhibujú.

Zmeny hydratácie mäsa

Po zabití sa sval zvieratá nachádza v stave vysokej hydratácie. Pri skladovaní mäsa sa mení jeho schopnosť viazať, resp. pohlcovať vodu a závisí od mnohých činiteľov. Schopnosť mäsa viazať alebo pohlcovať vodu určuje predovšetkým štruktúra takých bielkovinových zlúčenín, ako je aktomyozín a prítomnosť zložitých zlúčenín cholesterolu, lecitínu a kyseliny ATP.

Rýchle klesanie schopnosti mäsa viazať vodu v prvom a druhom dni skladovania po zabití zodpovedá intravitálnemu zvráteniu svalu, čiže prechodu aktínu na aktomyozín. Pri tejto izomérii klesá obsah kyseliny ATP. Chemické zlúčeniny, vznikajúce hydrolýzou tejto kyseliny, viažu vápnik slabšie ako kyselina ATP.

Mäso je najmenej schopné viazať vodu, ak obsahuje najviac aktomyozínu a ak je najviac okyslené.

V ďalšom štádiu skladovania môže táto schopnosť mäsa znovu vzrastať následkom disociácie aktomyozínu.

Materiál a metodiky

Zrenie mäsa sme sledovali na hovädzom mäse Siementálskeho plemena. Na pokusy sme brali mäso z 2 až 3 roky starých býčkov a jalovic. Dobytek bol dovezený vždy aspoň jeden deň pred zabitím a bol odpočínutý.

Skúmaný sval: *Musculus psoas maior*.

Asi 20 až 30 minút po zabití zvieratá zmerali sme jeho teplotu, vybrali sme celý skúmaný sval a preniesli do nášho ústavu (cca 10 minút). Tam sme ho rozdelili na časti a vložili do sledovaných teplôt 0 °C, +5 °C a +10 °C. V miestnostiach sme denne zaznamenávali teplotu a relatívnu vlhkosť; bola cca 80 %. Zrenie sme sledovali 72 hodín (3 dni), v niektorých prípadoch i dlhšie.

Pred začatím analýz sme z mäsa odstránili tukové vrstvy a blany. Potom sme ho opláchli fyziologickým roztokom (0,85 % roztok NaCl), osušili a podro-

bili ďalším úpravám podľa požiadaviek tej-ktorej metódy. Mäso sme napr. zomleli na mäsovom mlyнку a takto upravené použili buď priamo, alebo homogenát na stanovenie aktivity ATP-ázy.

Kyselinu mliečnu sme stanovovali kolorimetrickou metódou Barker-Summersonovou, ktorá využíva intenzitu farebnej reakcie medzi kyselinou mliečnou a p-oxidifenylom za prítomnosti medi (4).

Redukujúce cukry, ako i glykogén — po predchádzajúcej hydrolýze s HCl — sme stanovovali podľa Schoorla (5).

Schopnosť mäsa viazať vodu sme merali tlakovou metódou podľa Graua a Hamma (6). Obsah celkovej vody sme stanovili vysušením vzorky do konštantnej váhy pri 105 °C v sušiarňi. Voľnú vodu sme stanovili na základe tlakových skúšok a vypočítali dosadením nameraných hodnôt do vzorca

$$\text{mg H}_2\text{O} = \frac{\text{plocha kvapaliny (cm}^2\text{)}}{0,0948} - 8,0$$

a prepočítali na ‰. Viazaná voda je rozdiel medzi vodou celkovou a voľnou.

Na stanovenie aktivity aldolázy použili sme kolorimetrickú metódu. Stanovenie sa zakladá na meraní triózofosfátov, ktoré vznikli pôsobením aldolázy na fruktózo-1,6-difosfát.

Na stanovenie aktivity adenosíntrifosfatázy sme použili taktiež kolorimetrickú metódu, založenú na meraní uvoľneného fosforu po 10 min. inkubácii reakčnej zmesi (obsahujúcej ATP) pri 28 °C.

Výsledky pokusov uvádzame v tabuľkách 1 až 11.

Výsledky a zhodnotenie pokusov

Sledovaním a porovnávaním zmien jednotlivých činiteľov dostaneme nasledovné výsledky:

Výsledky pokusov potvrdili predovšetkým závislosť medzi časom skladovania a teplotou. Potvrdil sa i vplyv vyšších teplôt na zrýchlenie priebehu zrenia mäsa.

Ak sledujeme zmeny pH, môžeme pozorovať, že pH v sledovaných dňoch skladovania klesá. Začiatkové hodnoty pH (t. j. asi 30 min. po zabíí) sa pohybovali takmer vo všetkých sledovaných pokusoch v rozmedzí 6,2 až 6,4, iba v niektorých prípadoch klesli málo pod 6,0. Po 3 dňoch skladovania pri +10 °C kleslo pH na cca 5,2 až 5,4, pri +5 °C boli hodnoty o niečo vyššie a najvyššie boli pri teplote 0 °C (5,5 až 5,8).

V súlade so znižovaním hodnôt pH vzrastá množstvo kyseliny mliečnej. Ako nám ukazujú výsledky, vzrástli hodnoty obsahu kyseliny mliečnej za 3 dni skladovania pri +10 °C cca 2- až 3-krát, pri +5 °C asi 2-krát a pri 0 °C 1,5- až 2-krát.

Ďalšia sledovaná veličina — glykogén zaznamenala nasledovný priebeh:

pri +10 ° klesol obsah glykogénu za 3 dni sledovania na cca 20 až 30 ‰, pri +5 °C na cca 30 ‰ a pri 0 °C sa odbúrало cca 40 až 50 ‰ glykogénu. To znamená, že pri +10 °C odbúrал sa glykogén približne 1,5- až 2-násobnou rýchlosťou.

Ak porovnávame navzájom tieto 3 sledované veličiny, vidíme, že je medzi nimi určitá závislosť — klesanie pH, klesanie obsahu glykogénu a stúpanie

Tabuľka 1

Dni po zabíí	0	1			2			3		
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10
Teplota mäsa (°C)	37	1	5	10	0,5	5,5	10	0,5	5	9,5
pH	6,18	5,79	5,77	5,63	5,72	5,68	5,48	5,63	5,42	5,32
Sušina (%)	27,58	28,18	29,89	30,65	28,29	30,32	31,48	29,57	31,06	31,65
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,36	1,43	1,48	1,66	2,01	2,21	2,37	2,32	2,67	3,06
Voda celková (%)	72,42	71,82	70,11	69,35	71,71	69,68	68,52	70,43	68,94	68,35
Voda voľná (%)	0,64	1,04	1,39	1,75	1,57	1,86	3,97	2,62	3,79	4,65
Voda viazaná (%)	71,78	70,78	68,72	67,60	70,14	67,82	64,55	67,81	65,15	63,70
Glykogén (mg glykog/1 g suš.)	18,82	16,37	16,01	15,42	11,73	9,82	6,09	7,76	6,54	3,96
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	13,49	15,72	18,06	22,15	17,06	16,31	18,62	13,94	12,16	10,00
Kyselina mliečna (mg/1 g suš.)	0,91	1,35	1,42	1,44	1,47	1,53	1,75	1,61	1,87	2,37
Aldoláza (mg P/1 g suš.)	18,77	19,05	19,47	20,03	18,54	15,30	15,27	15,95	13,50	11,63
ATP-áza (mgP/1 g suš.)	0,425	0,182	0,109	0,062	0,097	0,024	0,017	0,036	0,019	0,008

Tabuľka 2

Dni po zabíí	0	1			2			3		
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10
Teplota mäsa (°C)	35	1	5,5	10	1	5	10	0,5	5	9,5
pH	5,95	5,81	5,63	5,59	5,71	5,58	5,50	5,61	5,52	5,39
Sušina (%)	28,57	28,08	30,29	30,41	29,20	30,29	31,27	28,93	30,64	31,81
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,31	1,36	1,55	1,71	1,59	1,88	1,96	1,94	2,37	2,43
Voda celková (%)	71,43	71,92	69,71	69,59	70,80	69,71	68,73	71,07	69,36	68,19
Voda voľná (%)	0,00	0,63	1,52	1,54	1,69	2,72	5,87	3,62	5,51	7,09
Voda viazaná (%)	71,43	71,29	68,19	68,05	69,11	66,99	62,86	67,45	63,85	61,10
Glykogén (mg glykog./1 g suš.)	20,43	17,32	16,67	13,81	15,90	13,12	10,37	11,62	9,29	7,13
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	16,28	18,39	20,06	24,15	13,94	15,29	17,36	10,30	12,86	12,93
Kyselina mliečna (mg/1 g sušiny)	0,70	0,75	0,80	0,86	0,97	1,24	1,42	1,58	1,89	2,32
Aldoláza (mg P/1 g suš.)	23,19	17,62	17,28	16,09	16,17	15,94	15,23	15,30	14,94	14,27
ATP-áza (mg P/1 g suš.)	0,259	0,169	0,102	0,058	0,076	0,052	0,034	0,041	0,036	0,022

Tabuľka 3

Dni po zabiti	0	1			2			3		
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10
Teplota mäsa (°C)	35	1	5	9	0	5	9,5	0	4,5	10
pH	6,18	5,69	5,55	5,51	5,55	5,43	5,41	5,46	5,40	5,32
Sušina (%)	24,42	25,76	26,47	26,52	27,42	28,01	28,45	27,90	28,92	29,65
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,02	1,55	1,60	1,72	1,75	2,03	2,08	1,94	2,17	2,42
Voda celková (%)	75,58	74,24	73,53	73,48	72,58	71,99	71,55	72,10	71,08	70,35
Voda voľná (%)	0,00	1,39	1,62	3,17	3,01	4,26	4,95	6,88	7,05	7,83
Voda viazaná (%)	75,58	72,85	71,91	70,31	69,57	67,73	66,60	65,22	64,03	62,52
Glykogén (mg glykog./1 g suš.)	14,96	13,17	12,29	10,42	10,61	8,73	7,16	7,64	4,14	3,32
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	15,49	18,23	21,64	22,16	19,37	18,40	16,61	15,42	14,06	12,19
Kyselina mliečna (mg/1 g suš.)	1,29	1,79	2,29	2,36	1,86	2,63	2,69	2,26	2,93	3,22
Aldoláza (mg P/1 g suš.)	18,53	14,73	13,36	11,24	12,06	10,94	10,91	9,25	8,64	5,79
ATP-áza (mgP/1 g suš.)	0,376	0,159	0,113	0,081	0,094	0,073	0,045	0,073	0,056	0,037

Tabuľka 4

Dni po zabíí	0	1			2			3		
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10
Teplota mäsa (°C)	39	0	4,5	9	0	5	9,5	0	5	10
pH	6,54	6,00	5,98	5,86	5,84	5,72	5,59	5,68	5,62	5,41
Sušina (%)	25,47	25,60	26,16	27,34	26,72	27,16	28,02	27,18	27,94	28,32
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,06	1,22	1,65	1,78	1,53	1,94	1,98	1,86	2,16	2,49
Voda celková (%)	74,53	74,40	73,84	72,66	73,28	72,84	71,98	72,82	72,06	71,68
Voda voľná (%)	0,00	1,25	1,78	2,37	3,32	3,62	4,02	4,24	5,72	7,36
Voda viazaná (%)	74,53	73,15	72,06	70,29	69,96	69,22	67,96	68,58	66,34	64,32
Glykogén (mg glykog./1 g suš.)	20,26	18,32	18,00	16,35	15,46		12,30	11,06	8,39	5,94
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	18,82	20,47	23,52	24,67	23,10		17,74	18,52	15,62	10,62
Kyselina mliečna (mg/1 g sušiny)	1,17	1,28	1,47	1,66	1,77	2,05	2,18	2,10	2,30	2,53
Aldoláza (mg P/1 g suš.)	23,51	20,28	19,58	17,58	18,92	16,00	12,62	15,37	13,10	12,02
ATP-áza (mgP/1 g suš.)	0,557	0,243	0,166	0,114	0,109	0,100	0,083	0,071	0,062	0,037

Tabuľka 5

Dni po zabíí	0	1			2			3		
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10
Teplota mäsa (°C)	40	0	5	9,5	0	5	10	0,5	5	10
pH	6,40	5,87	5,80	5,65	5,59	5,46	5,40	5,51	5,39	5,26
Sušina (%)	26,31	26,64	26,98	27,31	28,42	29,63	30,56	30,01	30,82	31,37
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,09	1,55	1,73	1,79	1,73	1,88	2,06	1,92	2,26	2,29
Voda celková (%)	73,69	73,36	73,02	72,69	71,58	70,37	69,46	69,99	69,18	68,63
Voda voľná (%)	0,36	0,60	0,83	1,37	1,25	2,87	3,15	2,68	4,67	6,17
Voda viazaná (%)	73,33	72,76	72,19	71,32	30,33	67,50	66,31	67,31	64,51	62,46
Glykogén (mg glykog./1 g suš.)	16,63	15,94	14,19	12,72	12,63	10,06	8,19	6,18	4,87	4,06
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	14,29	17,36	19,82	26,02	17,20	16,42	18,91	11,86	10,09	12,76
Kyselina mliečna (mg/1 g suš.)	1,19	1,42	1,68	1,91	1,74	1,91	2,03	1,86	2,29	2,73
Aldoláza (mg P/1 g suš.)	14,94	12,80	11,42	10,58	10,36	8,20	8,00	9,62	7,05	5,15
ATP-áza (mg P/1 g suš.)	0,376	0,128	0,098	0,066	0,094	0,073	0,041	0,062	0,047	0,020

Tabuľka 6

Dni po zabití	0	1			2			3		
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10
Teplota mäsa (°C)	38	0	5	10	0	5	9,5	0	5	10
pH	6,30	6,00	5,86	6,72	5,64	5,58	5,53	5,50	5,36	5,27
Sušina (‰)	26,98	27,06	27,47	27,65	28,87	28,80	29,56	29,63	30,44	32,06
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,22	1,56	1,75	1,97	1,79	1,84	2,05	2,16	2,36	2,51
Voda celková (‰)	73,02	72,94	72,53	72,35	71,13	71,20	70,46	70,37	69,56	67,94
Voda voľná (‰)	0,00	2,05	3,14	4,04	4,72	5,36	6,27	7,16	7,91	8,83
Voda viazaná (‰)	73,02	70,89	69,39	68,31	66,41	65,84	64,19	63,21	61,65	59,11
Glykogén (mg glykog./1 g suš.)	28,68	20,20	18,62	15,12	16,83	14,27	10,86	10,20	8,36	5,11
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	11,20	14,57	16,55	18,54	12,62	11,03	9,94	11,73	8,52	6,54
Kyselina mliečna (mg/1 g suš.)	0,78	1,16	1,42	1,83	1,56	1,75	1,96	1,84	2,19	2,25
Aldoláza (mg P/1 g suš.)	14,49	14,46	12,81	11,67	11,52	8,76	8,47	7,84	7,70	6,66
ATP-áza (mg P/1 g suš.)	0,263	0,176	0,113	0,075	0,064	0,038	0,029	0,047	0,023	0,016

Tabuľka 7

Dni po zabíí	0	1			2			3		
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10
Teplota mäsa (°C)	35,0	0	4	9,5	0	4	10	0	4,5	10
pH	6,54	6,39	6,30	6,28	6,39	6,26	6,27	6,02	6,09	6,21
Sušina (%)	25,70	25,91	25,52	23,87	23,31	25,57	24,34	29,43	27,28	28,20
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,36	1,57	1,73	1,94	1,84	1,97	2,05	2,55	2,65	2,85
Voda celková (%)	74,30	74,09	74,48	76,13	76,69	74,43	75,66	70,57	72,72	71,80
Voda voľná (%)	0,00	1,13	1,57	3,19	4,04	4,20	4,25	6,79	7,54	7,63
Voda viazaná (%)	74,30	72,96	72,91	72,96	72,65	70,23	71,41	63,78	65,18	64,23
Glykogén (mg glykog./1 g suš.)	14,32	14,16	9,56	8,09	10,23	5,71	4,49	5,93	4,68	3,44
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	6,34	18,42	18,79	23,92	26,77	21,92	23,54	12,13	15,00	14,47
Kyselina mliečna (mg/1 g suš.)	1,09	1,42	1,60	1,82	1,62	1,94	1,96	2,30	2,39	2,50
Aldoláza (mg P/1 g suš.)	20,72	16,49	18,83	17,39	16,66	14,66	15,62	12,17	14,30	11,84
ATP-áza (mg P/1 g suš.)	0,294	0,196	0,164	0,115	0,142	0,130	0,097	0,102	0,093	0,062

Tabuľka 8

Dni po zabití	0	1			2			3		
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10
Teplota mäsa (°C)	38	0	5	10	0	5	9	0	5	9,5
pH	5,96	5,70	5,76	5,66	5,67	5,68	5,55	5,79	5,74	5,70
Sušina (‰)	29,27	30,06	27,76	34,26	27,51	27,91	26,24	28,46	27,41	28,86
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,17	1,36	1,22	1,44	1,52	2,15	2,19	1,89	1,67	1,80
Voda celková (‰)	70,73	69,04	72,24	65,74	72,49	72,09	73,76	71,54	72,59	71,14
Voda voľná (‰)	0,95	2,68	5,14	1,68	6,03	6,52	10,53	6,14	9,50	16,44
Voda viazaná (‰)	69,78	67,26	67,07	64,06	66,46	65,57	63,23	65,40	63,09	54,70
Glykogén (mg glykog./1 g suš.)	6,28	5,67	4,86	4,42	3,27	3,67	4,86	2,65	1,97	4,91
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	6,97	14,67	20,62	24,19	10,91	14,33	20,49	7,57	10,94	10,39
Kyselina mliečna (mg/1 g suš.)	1,34	2,59	2,16	1,99	2,62	3,35	3,65	2,91	2,71	2,93
Oldoláza (mg P/1 g suš.)	16,90	15,75	14,73	14,61	14,38	13,93	10,56	7,48	7,59	5,82
ATP-áza (mg P/1 g suš.)	0,459	0,169	0,095	0,091	0,124	0,088	0,041	0,093	0,064	0,028

Tabuľka 9

Dni po zabíí	0	1			2			3			7
Teplota boxu (°C)		0	5	10	0	5	10	0	5	10	0
Teplota (°C)	37	1,5	5	10	2	4,5	10	1	5	9	0
pH	5,81	5,28	5,18	5,48	5,62	5,33	5,22	5,69	5,39	5,33	5,38
Sušina (%)	28,91	29,30	28,74	32,07	30,40	30,76	31,96	31,34	32,41	28,30	28,58
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,67	2,34	2,44	2,62	3,71	4,16	2,95	3,28	4,20	2,86	2,94
Voda celková (%)	71,09	70,70	71,26	67,93	69,60	69,24	68,04	68,66	67,59	71,70	71,42
Voda voľná (%)	2,86	5,40	6,32	6,46	7,92	8,20	8,33	9,45	11,20	15,87	13,56
Voda viazaná (%)	68,23	65,30	64,94	61,47	60,68	61,04	59,71	59,21	56,39	55,83	57,36
Glykogén (mg glykog./1 g suš.)	14,14	14,05	12,75	10,03	6,18	4,93	3,49	3,49	3,44	3,43	4,43
Cukry (mg glukózy/1 g suš.)	10,59	17,47	17,81	23,86	13,36	14,49	15,54	12,56	11,48	10,48	15,70
Kyselina mliečna mg/1 g suš.)	1,08	2,50	3,07	3,12	3,52	3,61	4,13	3,88	3,90	4,21	3,97
Aldoláza (mg P/1 g suš.)	15,44	13,75	13,24	14,48	13,66	12,14	14,24	8,31	11,98	8,39	6,73
ATP-áza (mg P/1 g suš.)	0,425	0,149	0,126	0,085	0,106	0,088	0,062	0,093	0,070	0,041	0,009

Tabuľka 10

Dni po zabití	0	1			2			3			7	14
Teplota boxu (°C)			5	10	0	5	10	0	5	10	0	0
Teplota mäsa (°C)	36	0	5	9,6	0	5	9	0	5	9,5	0	1
pH	6,31	6,02	5,96	5,59	5,91	5,90	5,47	5,77	5,66	5,32	5,54	5,40
Sušina (%)	26,69	32,17	31,59	31,81	29,98	31,07	29,85	29,67	31,79	31,12	31,87	35,30
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g z	1,04	1,20	1,49	1,53	1,22	1,66	1,75	1,83	1,73	1,96	2,48	1,98
Voda celková (%)	73,31	67,83	68,41	68,19	70,02	68,93	70,15	70,33	68,21	68,88	68,13	64,70
Voda voľná (%)	0,20	0,64	2,98	3,11	3,13	4,07	6,32	4,75	5,74	6,98	12,50	13,44
Voda viazaná (%)	73,11	67,19	65,43	65,08	66,89	64,86	63,83	65,58	62,47	61,90	55,63	51,26
Glykogén [mg glukog./ 1 g suš.]	20,65	11,42	11,73	11,55	5,20	4,81	4,45	3,17	2,67	2,51	2,94	3,91
Cukry [mg glykózy/ 1 g suš.]	15,29	19,03	22,48	25,66	16,81	16,48	15,79	13,44	15,07	19,68	5,61	13,00
Kyselina mliečna [mg/1 g suš.]	0,28	0,64	0,91	1,63	1,26	1,46	2,34	1,31	2,38	2,79	4,27	5,83
Aldoláza [mg P/1 g suš.]	18,21	17,77	16,53	16,29	16,96	15,84	14,98	15,51	14,38	13,92	12,71	10,43
ATP-áza [mg P/1 g suš.]	0,356	0,163	0,107	0,092	0,113	0,082	0,070	0,094	0,077	0,052	0,019	0,003

Tabuľka 11.

Dni po zabiti	0	1			2			3			7
Teplota boxu [°C]		0	5	10	0	5	10	0	5	10	0
Teplota [°C]	37	0	5	9	0	5	10	0	5	9,5	0,5
pH	6,30	5,33	5,30	5,17	5,27	5,27	5,37	5,27	5,29	5,44	5,45
Sušina [%]	32,33	32,06	32,48	31,36	28,67	29,83	29,08	33,13	36,80	35,91	41,38
Schopnosť mäsa viazať vodu na 0,5 g	1,29	2,14	2,71	3,28	1,97	2,39	3,21	1,97	2,27	3,06	1,82
Voda celková [%]	67,67	67,94	67,52	68,64	71,33	70,17	70,92	66,87	63,20	64,09	58,62
Voda voľná [%]	0,00	4,19	5,23	7,04	8,16	7,90	9,42	9,20	9,85	12,80	9,42
Voda viazaná [%]	67,67	63,75	62,29	61,60	63,17	62,27	61,50	57,67	53,35	51,29	49,20
Glukogén [mg glykog./1 g suš.]	18,47	11,45	5,65	5,09	6,41	3,05	2,16	2,76	2,65	4,09	6,88
Cukry [mg glukózy/1 g suš.]	15,84	19,10	18,85	22,65	28,47	30,81	42,11	36,96	26,36	22,73	20,95
Kyselina mliečna [mg/1 g suš.]	1,81	2,75	2,91	2,96	2,80	2,97	3,06	2,51	2,54	2,71	2,47
Aldoláza [mg P/1 g suš.]	19,24	16,44	16,92	16,27	12,33	10,53	12,43	6,47	6,14	5,19	6,19
ATP-áza [mg P/1 g suš.]	0,412	0,175	0,131	0,100	0,126	0,103	0,082	0,093	0,066	0,037	0,023

obsahu kyseliny mliečnej. Medzi pH a kyselinou mliečnou je teda nepriama závislosť, pričom najčastejšie absolútne najnižšie hodnoty pH korešpondujú s najvyššími hodnotami kyseliny mliečnej. Obdobná je i závislosť medzi obsahom glykogénu a kyselinou mliečnou.

Obsah redukujúcich cukrov v priebehu sledovania v jednotlivých pokusoch kolíše. Vo väčšine prípadov badať — hlavne pri $+10^{\circ}\text{C}$ — nahromadenie cukrov v prvých dvadsiatich štyroch hodinách pozorovania, čo svedčí o tom, že glykogén sa v prvej fáze zrenia odbúrava rýchlejšie ako vzniknutá glukóza; glykogenolýza je teda rýchlejšia ako glykolýza.

Aktivita ATP-ázy je po 3 dňoch skladovania pri $+10^{\circ}\text{C}$ 2- až 2,5-krát nižšia ako pri 0°C a činí asi 5 až 10 % pôvodnej aktivity tohoto enzýmu.

Podobne klesá so stúpajúcou teplotou a časom skladovania aj aktivita aldolázy. Zdá sa však, že tento enzým nie je na zmeny teploty natoľko citlivý, a rozdiel v aktivite pri dvoch porovnávacích teplotách (10°C a 0°C) robil len cca 15 %. Po 3 dňoch skladovania vykazovali ešte vzorky vo väčšine prípadov nad 50 % pôvodnej aktivity.

Pri sledovaní ďalšej veličiny — schopnosti mäsa viazať vodu — vidíme, že táto schopnosť sa so stúpajúcou teplotou a časom skladovania znižuje. So stúpajúcou teplotou a časom skladovania klesá teda množstvo vody viazanej a stúpa množstvo vody voľnej.

Záverom treba poznamenať, že tieto pokusy mali poukázať na vplyv teploty na priebeh zrenia mäsa a činnosť niektorých enzýmov za uvedených podmienok. Každý jednotlivý pokus predstavuje iný kus zvierafa, pri ktorom môžu byť hladiny jednotlivých substrátov alebo iných činiteľov, ako aj ich odbúranie ovplyvnené rôznymi faktormi. Z tohto dôvodu môžeme badať v absolútnych množstvách jednotlivých komponentov určité rozdiely. Priebeh reakcií je však vo všetkých sledovaných vzorkách rovnaký.

S ú h r n

Výsledky pokusov potvrdili vplyv teploty a času na proces zrenia mäsa.

So stúpajúcou teplotou a časom sa proces zrenia urýchľuje. Aktivita enzýmov glykolytickej sústavy sa znižuje, znižuje sa obsah glykogénu, obsah vody viazanej, pH mäsa, zvyšuje sa obsah kyseliny mliečnej, obsah vody voľnej a pod.

L i t e r a t ú r a

1. Pezacky, W.: Zmeny jatočných produktov, Bratislava, SVTL 1963
2. Klíma, P.: Chemie v technológii masa, STI, Praha 1961
3. Solov'jev, V. N.: Biochimičeskije procesy protekajuščije pri sozrevanii mjasa. Mjasnaja Industrija ZSSR, 2, 1952, str. 43
4. Barker, S. — Summerson, W.: J. Biol. Chem. 138, 1941, str. 535
5. Veliký, I. — Škárka, B.: Praktikum z biochémie, 1963, SVTL pre SVŠT
6. Grau, R., Hamm, R.: Zeitschrift für Lebensmittel — Untersuchung und Forschung, 105, 1959, č. 6, str. 446—460
7. Klempová, F. a kol.: Štúdium enzymatických systémov a zmien prebiehajúcich pri zrení mäsa, Bratislava, VÚP-SPA, ZS 1970

Исследование некоторых энзимов и изменений протекающих при созревании мяса

Выводы

Результаты исследований подтвердили влияние температуры и времени на процесс созревания мяса.

С повышением температуры и времени ускоряется процесс созревания мяса. Активность энзимов гликолитической системы снижается, уменьшается содержание гликогена, содержание несвободной воды, рН мяса, увеличивается содержание молочной кислоты, содержание свободной воды и т. п.

Study of some enzymes and changes passing through the meat maturation

Summary

The influence of the temperature and time on the maturing process are confirmed by the results of the experiments.

With rising temperature and time is the maturing process accelerated. Enzymes activity of glycolytic system is reduced, reduced are also glycogen contents, bonded water contents, meat pH. Milk acid contents and the contents of free water are rising.