

PRÍSPEVOK K POZNANIU VPLYVU NÍZKYCH TEPLÔT NA AKTIVITU GLYKOLYTICKÝCH ENZÝMOV MÄSA

I. STEIN, F. KLEMPOVÁ, E. MORÁROVÁ

Svalstvo zvierata obsahuje polysacharid glykogén (0,5—2,0 %), ktorý sa za katalytického pôsobenia sústavy enzýmov (enzýmov glykolýzy) komplikovaným reakčným postupom štiepa na kyselinu mliečnu. Menšia časť kyseliny sa rozkladá na CO_2 a H_2O , väčšia sa resyntetizuje na glykogén.

Po smrti zvierata konverzia glykogénu na kyselinu mliečnu pokračuje, ale re-syntéza na glykogén už nenastáva. Vo svalstve dochádza k hromadeniu kyseliny, k zvýšeniu pH mäsa, ktoré z pôvodného pH 6,94 pred porážkou sa zvýši na pH 5,96 až 5,7 u hovädzieho a z pH 5,90 až na 5,4 u bravčového mäsa. Po dosiahnutí určitého maxima sa vytváranie kyseliny mliečnej spomalí a pri pH 5,3—5,2 následkom inhibície glykolytických enzýmov sa zastaví (bez ohľadu na to, či glykogén bol úplne vyčerpaný alebo nie).

Odbúranie glykogénu v svalstve je dôležitou zložkou procesu zrenia mäsa. Vznikajúca kyselina (mäso-) mliečna zabraňuje rozkladu bielkovín až na amoniak a vytvára optimálne podmienky pre zložitý pochod zrenia, ktorým nadobúda mäso svoju kulinársku hodnotu.

Rýchlosť, ktorou sa kyselina vytvára, závisí od obsahu uhľohydrátov (glycidov) vo svalstve, od veku organizmu a najmä od teploty mäsa, pri ktorej glykolýza prebieha. Pri biokinetickom optime je rýchlosť glykolýzy relatívne najväčšia; teplotami pod optimum sa proces glykolýzy spomaľuje.

Pri technologickom spracovaní mäsa zmrazením sa priebeh glykolýzy spomaľuje postupným znižovaním teploty zvieracieho tela tak, aby proces dozrievania netrval dlhšie ako 72 hod. (Vo svalstve hovädzieho dobytku dosiahne sa maximum kyseliny mliečnej za 48 hodín). Zvieracie telo po porážke teplé 37—40 °C sa nechá na bitúnku vypariť, predchladí sa, vloží do chladiarne, kde sa schladí na 7—10 °C. V odvešovni mraziarne sa schladí na 2 až 4 °C a v zmrazovacom zariadení sa zmrazí za 48 hodín na —7 °C. Takto zmrazené mäso sa skladuje v mraziacích komorách pri —18 °C.

Miesto postupného schladzovania uvažuje sa o zavedení spôsobu zmrazovania mäsa teplého, ihneď po porážke (jednostupňové zmrazovanie). V tejto súvislosti študovali sme vplyv rýchleho zmrazovania, resp. nízkych teplôt na aktivitu enzýmov katalyzujúcich tvorbu kyseliny mliečnej v mäse.

En z ý m y g l y k o l ý z y

Konverziu glykogénu katalyzujúce enzýmy, medziprodukty konverzie a koenzýmy, ktoré sa na pochode zúčastňujú, sú dnes známe (1). Sú uložené v svaľových bunkách. Bielkovina svalstva myozín sa považuje za identickú s adenosintrifosfátázou (2) myogén obsahuje aldolázu, α -glycerofosfátdehydrogenázu

a mnohé iné enzýmy. Podľa Kenetha a Bailey-a (3) obsahuje myogénová frakcia asi 10 % triozofosfátdehydrogenázy, 10 % kreatínfosfokinázy, 2 % fosforylázy a asi 5 % aldolázo-izomerázy. Mnohé enzýmy, najmä enzýmy cyklu trikarbonových kyselín, enzýmy oxydačného odbúrania tukov sú uložené v mitochondriách a ostatných časticiach svalových buniek.

Aktivitu glykolytických enzýmov možno sledovať stanovením množstva konverziou glykogénu vzniknutej kyseliny mliečnej.

Materiál a metóda

Kyselinu mliečnu sme stanovili metódou Burkera a Summersona (4) kolorimetricky, pomocou p-oxydifenyly za prítomnosti medi.

Zo zvieracieho tela na bitútku vyoperovaný sval sme zomleli na faširovacom stroji. 5 g mäsa zmiešali sme s 25 ml redestilovanej vody a vložili na 5 min. do vriaceho vodného kúpeľa. Po schladení sme 10 min centrifugovali (3500 O/min); z centrifugátu sme odpipetovali 0,1 ml supernatantu, zmiešali s 5,9 ml 2,2 % roztoku síranu meďnatého, pridali na špičku noža hydroxyd vápenatý a ponechali za občasného premiešania stáť 30 min. pri laboratórnej teplote. Zmes sme centrifugovali a z centrifugátu odpipetovali 0,5 ml supernatantu. K roztoku sme z byrety prikvapkávali za stáleho miešania a chladenia ľadom — 3 ml konc. H_2SO_4 . Po 5 min. státia v 25 °C teplom vodnom kúpeli vložili sme skúmavku na 2 min. do vriaceho vodného kúpeľa, opäť schladili na 25 °C a ponechali 5 min. stáť. Potom sme pridali 1 kvapku 4 % roztoku síranu meďnatého a 1 kvapku p-oxydifenyly (1,5 % roztok v 0,5 % NaOH). Po premiešaní sme ponechali zmes stáť 25 min. v 25 stupňovom kúpeli za občasného premiešania a 5 min. bez miešania. Túto zmes sme povarili 90 sekúnd vo vriacom vodnom kúpeli, ochladili pod vodovodom na izbovú teplotu, nechali stáť 5 min. a kolorimetrovali na Zeissovom spektrofotometri pri 560 m μ (zelený filter) proti blanku. Intenzita zafarbenia je úmerná množstvu kyseliny mliečnej. Jej množstvo sme vypočítali pomocou kalibračnej krivky. Na zostavenie kalibračnej krivky sme použili roztok 106 mg lítanu mliečného v 100 ml redestilovanej vody. Z roztoku sme zriedením pripravili 100 až 1000 mg % množstvá kyseliny mliečnej a stanovili ich extinkciu (Obr. 1).

Asi hodinu po porážke zvieraťa sme vyoperovali na bitútku svaly Musculus psoas minor (hovädzi) resp. bravčové pliecko (ďakujeme touto cestou ss. MUVDr. Filovi a Repkovi za poskytnutú pomoc) a zomleli na faširovacom stroji. Do väčšieho počtu téglíkov z PVC navážili sme presne 5 g homogenátu, schladili, resp. zmrazili na inkubačnú teplotu (5, 0, —5 a —20 °C) a po dosiahnutí žiadanej teploty stanovili sme obsah kyseliny mliečnej. Toto množstvo sme považovali za nultú hodnotu. Vytemperované vzorky vložili sme do ľadničky, poť. chladiarenského boxu, inkubovali rôzne dlhú dobu pri príslušnej teplote a stanovili obsah kyseliny mliečnej. Rozdiel medzi počiatočným a konečným obsahom kyseliny mliečnej je výrazom aktivity sústavy glykolytických enzýmov za daných podmienok.

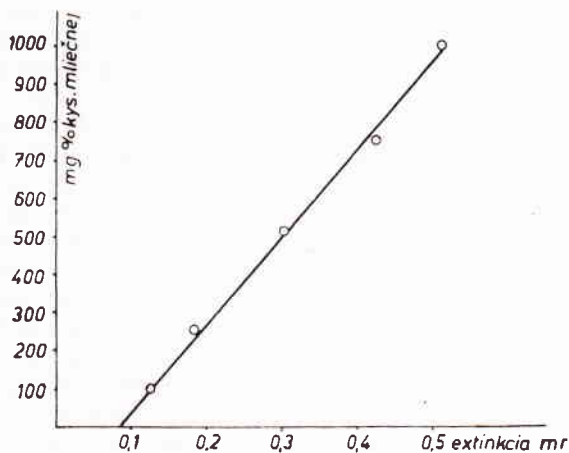
Výsledky

1. Reakčná rýchlosť glykolýzy

Priebeh konverzie glykogénu a sacharidov svalstva na kyselinu mliečnu katalyzovaný sústavou glykolytických enzýmov v závislosti od času sleduje chod monomolekulovej reakcie.

Tabuľka 1a. Priebeh glykolýzy v závislosti od času. M. psoas minor. hovädzí:
60 min. po porážke, 74, 85 % vody, 120 mg % kyseliny mliečnej

t°	Čas v hodinách							
	2	6	24	48	72	96	120	168
	mg % kyseliny mliečnej							
+5	77	90	256	339	404	klesá		
0	54	82	110	285	382	450	klesá	
-5	55	75	86	110	140	165	235	275
-20	35	55	67	76	85	140	185	255



Obr. 1. Kalibračná krivka pre kyselinu mliečnu

Tabuľka 1b. Bravčové pliecko: 60 min. po porážke, 70,9 % vody, 360 mg % kyseliny mliečnej

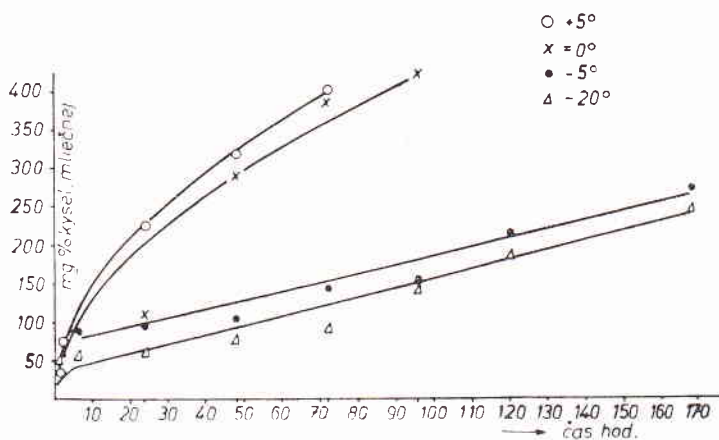
t°	Čas v hodinách					
	2	5	20	44	92	116
	mg % kyseliny mliečnej					
+5	45	225	315	klesá		
0	37	119	262	332	klesá	
-5	—	110	233	240	250	269
-20	67	102	187	248	299	324

Podľa vzorca monomolekulárnej reakcie možno vypočítať relatívne množstvo kyseliny mliečnej vzniknutej za určitú dobu. Koeficient reakčnej rýchlosti

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x} \quad (1)$$

(t = čas, $a = 1$, x = množstvo vzniknutej kyseliny mliečnej v mg), vyjadruje relatívnu aktivitu enzýmov glykolytickej sústavy za danej teploty.

Približne monomolekulárny priebeh tvorby kyseliny mliečnej ostáva neporušený i pri nízkych teplotách. Multienzymatický komplex glykolytických enzýmov sa nízkymi teplotami nerozčleňuje.



Obr. 2. Priebeh glykolýzy v závislosti od času (M. psoas minor — hovädzí)

Tabuľka 2a. Musculus psoas minor hovädzí

t°	Čas v hodinách							Priemer k
	6	24	48	72	96	120	169	
	k							
+5	0,0156	0,0122	0,00845	0,0072	—	—	—	0,01036
0	0,0141	0,0051	0,0071	0,0067	0,0062	—	—	0,00784
—5	0,0129	0,0039	0,0024	0,0021	0,0019	0,0023	0,0018	0,00389
—20	0,0093	0,0012	0,0016	0,0012	0,0016	0,0018	0,0017	0,00262

Tabuľka 2b. Bravčové pľecko

t°	Čas v hodinách						Priemer k
	2	5	20	44	92	116	
	k						
+5	0,0230	0,051	0,019	—	—	—	0,0359
0	0,019	0,025	0,015	0,009	—	—	0,0204
—5	0,007	0,023	0,033	0,006	0,0031	0,0027	0,0158
—20	—	0,022	0,011	0,006	0,0039	0,0034	0,0092

2. Teplota a rýchlosť glykolýzy

Rozdiel v množstve kyseliny mliečnej pri rôznych teplotách vyjadruje vplyv teploty na aktivitu enzýmov glykolytickej sústavy. Rýchlosť glykolýzy sa teplotou mení. Znížením teploty sa glykolýza spomaľuje, koeficient rýchlosti glykolýzy k klesá.

Tabuľka 3a. Vplyv teploty na hodnotu k

t°	M. psoas minor hov.	Bravčové pliecko
	$k \cdot 10^{-3}$	
+5	1,09	3,59
0	0,78	2,04
-5	0,39	1,58
-20	0,26	0,92

Pre vyjadrenie závislosti reakčnej rýchlosti od teploty použili sme miesto teplotného koeficientu $Q_{10} = \frac{k_1 + 10}{k_t}$ empirickú rovnicu Arrheniovu

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E}{R \cdot T^2} \quad (2)$$

(E μ) = aktivačná energia v kal/mol, R = plynová konštanta, T = absolútna teplota, k = monomolekulárny koeficient reakčnej rýchlosti) E je množstvo aktivačnej energie, ktoré treba sústave odňať, aby sa rýchlosť enzymatickej katalýzy znížila.

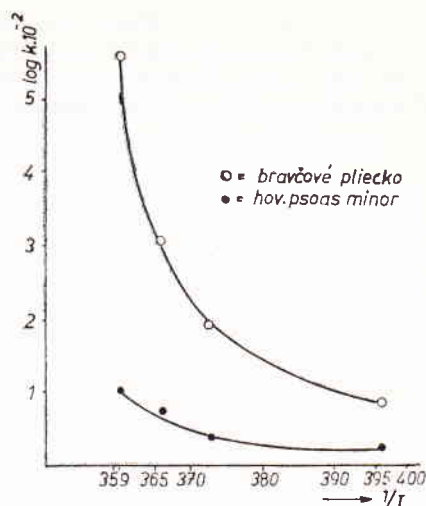
V interpretovanej forme

$$\ln k = -\frac{E}{R} \frac{1}{T} + \text{konst.} \quad (3)$$

naznačuje, že vzťah medzi $\log k$ a $1/T$ je lineárny. V skutočnosti prebieha konverzia glykogénu na kyselinu mliečnu podľa mierne zakrivenej krivky.

Tabuľka 3b. Vzťah medzi $\log k \cdot 10^{-2}$ a $1/T$

t°	$1/T$	$\log k \cdot 10^{-2}$	
		bravčové pliecko	M. psoas minor
+5	0,00359	0,56	0,036
0	0,00365	0,31	0,009
-5	0,00373	0,30	0,006
-20	0,00395	0,10	0,004



Obr. 3. Vzťah medzi $\log k$ a $1/T$

Z priebehu krivky možno usudzovať, že v rozpätí teplôt $+5^\circ$ až do -20° nedošlo k štruktúrnym zmenám v stavbe multikatalytického komplexu glykolytických enzýmov. Spomalenie reakčnej rýchlosti teplotou nie je sprevádzané rozkladom zložitej molekuly enzýmov.

Pre limity T_1 a T_2 a im odpovedajúce koeficienty reakčnej rýchlosti k_1 a k_2 znie rovnica

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = \frac{E(T_2 - T_1)}{R \cdot T_1 \cdot T_2} \quad (4)$$

z ktorej

$$E = \frac{\ln R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \cdot \log \frac{k_2}{k_1} \quad (5)$$

Aktivačná energia E pri inaktivácii sústavy glykolytických enzýmov v rôznych svaloch nízkymi teplotami v rozpätí teplôt $+5^\circ$ do -20°C nie je rovnaká.

Tabuľka 4. Aktivačná energia sústavy

t°	Bravčové pliecko	M. psoas minor
	$E = \text{kal/mol}$	
5 — 0	16 998	1736
0 — 5	3 725	1023
-5 — -20	1 314	412

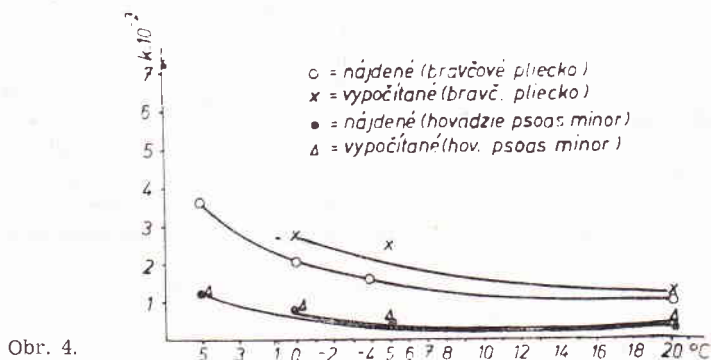
Energia, ktorú treba odňať sústave, aby sa enzymatická katalýza spomalila v rozpätí teplôt 0° až -5° závisí od aktivity enzymatickej sústavy. Predbežné výsledky ukazujú, že množstvo energie, ktoré treba sústave odňať pri nižšej

aktivite enzymatickej sústavy je menšie, než pri vyššej aktivite. Hodnota E nie je stabilná, klesajúcou teplotou sa znižuje v rozpätí teplôt od $0 - 5^{\circ}\text{C}$ resp. od -5 do -20°C asi o polovicu. Definitívne závery sa zatiaľ nedajú odvodiť.

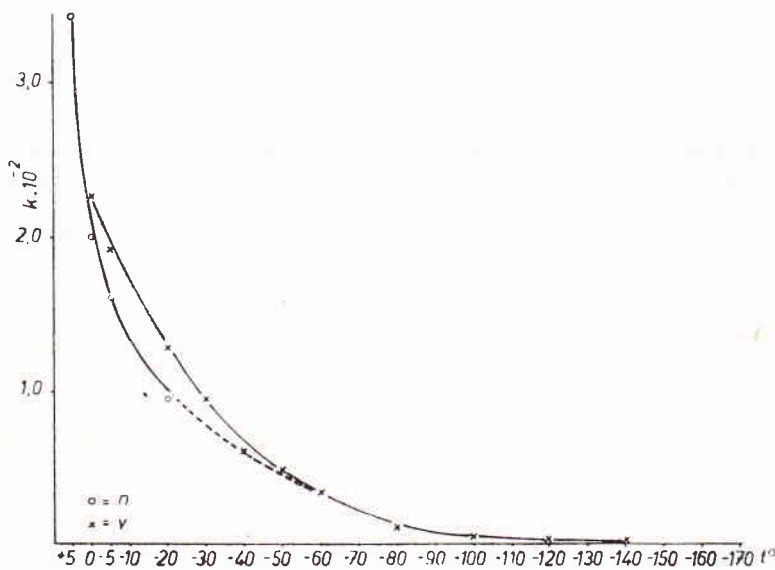
Prevedením rovnice (4) na dekadické logaritmy a vyjadrením v kal. je

$$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E (T_2 - T_1)}{2,3,1,98 \cdot T_1 \cdot T_2} \quad (6)$$

Dosadením strednej hodnoty E (tab. 4) do rovnice (6), experimentálne zistenej hodnoty koeficientu reakčnej rýchlosti k pri jednej teplote možno vypočítať príslušné hodnoty k , t. j. aktivitu glykolytických enzýmov pri ľubovoľnej nízkej teplote. Vypočítaná relatívna aktivita sa dobre zhoduje so zistenou hodnotou. (Obr. 4, 5.)



Obr. 4.



Obr. 5. Aktivita glykolytických enzýmov bravčového pliecka pri nízkych a ultranízkych teplotách

Tabuľka 5. $k \cdot 10^{-2}$ nájdené (n), vypočítané (v)

t°	Bravčové pliecko. E = 3725 kcal/mol k = 3,59.10 ⁻²	
	n	v
+5	3,59	—
0	2,04	2,25
-5	1,58	1,91
-10	—	1,73
-20	0,92	1,27
-30	—	0,96
-40	—	0,69
-50	—	0,48
-60	—	0,32
-80	—	0,13
-100	—	0,088
-120	—	0,010
-140	—	0,0016
-200	—	0,000,000,0014

Krivka inhibície aktivity nevykazuje charakteristický lom, ktorý by naznačoval, že vplyvom zmeny skupenstva vody („voľnej“ a „viazanej“), by bolo došlo k zmene štruktúrnej stavby komplexnej molekuly multikatalytickej sústavy glykolytických enzýmov. Nazdávame sa, že priebeh glykolýzy sa nízkymi teplotami nezastavuje, len spomaľuje. Zníženie rýchlosti je relatívne veľké v rozpätí teplôt 5° do -60 °C. Inhibícia aktivity glykolytických enzýmov pri nižších teplotách je relatívne malá. Teplotou skvapalneného vzduchu sa sústava glykolytických enzýmov svalstva nezničí. Po roztopení sa intenzita tvorenia kyseliny mliečnej v svalstve zvýšila.

Hlboké a ultranízké teploty nezničia enzýmy, len retardujú ich pôsobenie. Zníženie aktivity závisí od hĺbky teploty. Katalytickú schopnosť zachovávajú si enzýmy aj v zmrazenom stave.

3. Teplota a inhibícia glykolýzy

Inhibícia pôsobenia sústavy glykolytických enzýmov sleduje chod monomolekulárnej reakcie. Keď aktivita glykolytických enzýmov vyjadrená množstvom kyseliny mliečnej vytvorenej pri optimálnej teplote je k_{max} a aktivita toho istého množstva glykolytických enzýmov pri inej teplote (x°) za inak rovnakých podmienok je k_x , potom konštanta inhibície

$$k_c = \frac{\ln}{t} \cdot \frac{k_{max}}{k_x}$$

(k_{max} = koeficient reakčnej rýchlosti glykolýzy pri optimálnej teplote, k_x = koeficient reakčnej rýchlosti pri teplote x° , t = doba).

Zníženie aktivity glykolytických enzýmov teplotou (relatívna inhibícia hypotermálna) možno vypočítať podľa vzorca monomolekulárnej reakcie.

Vzťah, ktorý panuje medzi inhibičným koeficientom k a teplotou možno vyjadriť rovnicou priamky

$$y = a + bt$$

kde $y = k_c$, $b =$ hodnota k_c pri teplote t , $a =$ úsečka na ose x , V našom prípade sa

$$k_c = 0,64 + (-0,008)t$$

Rovnica dovoľuje vypočítať relatívnu hodnotu k_c pri ktorejkoľvek teplote (tab. 6, obr. 6). Súvislosť inhibície, resp. hodnoty k_c s koeficientom reakčnej rýchlosti k vytvára podklad pre analytické sledovanie priebehu rýchlosti tvorby kyseliny mliečnej v mäse zmrazenom ihneď po porážke.

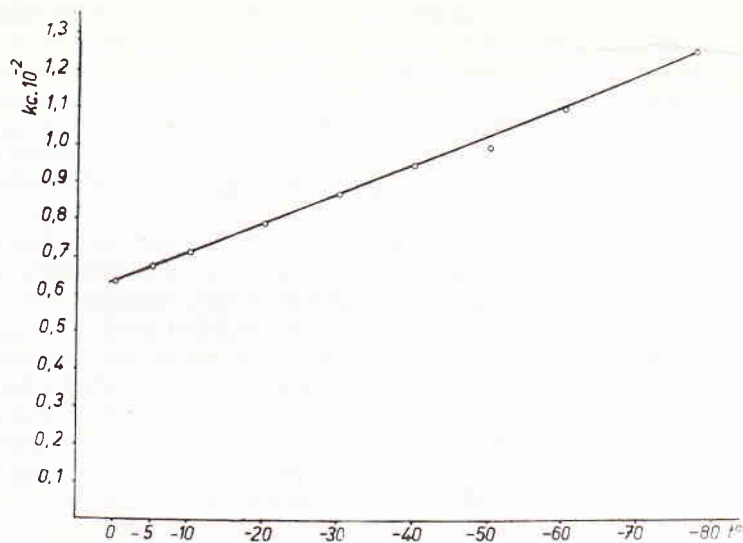
Tabuľka 6. $k_c \cdot 10^{-2}$ v závislosti od teploty

t°	Musculus psoas minor hovädzi $k_c \cdot 10^{-2}$ podľa	
	$k_c = \frac{\ln}{t} \cdot \frac{k_{\max}}{k_x}$	$k = 0,64 + (-0,008)t$
+5	—	—
0	0,57	0,64
-5	0,63	0,68
-10	0,73	0,72
-20	1,04	0,80
-30	1,07	0,88
-40	1,08	0,96
-50	1,12	1,04
-60	1,16	1,12
-80	1,25	1,28

Keď predpokladáme, že konverzia glykogénu a sacharidov svalstva na kyselinu mliečnu je výsledkom pôsobenia enzýmov rozpustených v mäsovej šťave, možno inhibíciu glykolytických enzýmov teplotou vysvetliť zmenou rozpustnosti, ktorá nastáva postupným vymrazovaním vody pri zmrazovaní. Aktívna a inaktívna sústava glykolytických enzýmov vyskytuje sa v bunke v neustále sa meniacej rovnováhe. Za optimálnej teploty (pH a iných činiteľov) pôsobí z celkového množstva glykolytických enzýmov maximum, reakčná rýchlosť glykolýzy je maximálna (k_{\max}), inhibícia je minimálna ($k_{c_{\min}}$). Vzťah medzi aktívnymi a inaktívnymi enzýmami glykolýzy je funkciou pomeru aktívnych a inaktívnych enzýmov sústavy za danej teploty pH a suroviny konštantnou veličinou, ktorú možno vyjadriť v % zo vzťahu

$$Q = \frac{k_{c_t}}{k_{c_{\max}}} \cdot 100$$

kde k_{c_t} je konštanta inhibície pri t° , $k_{c_{\max}}$ konštanta inhibície za optimálnych podmienok.



Obr. 6. Vzťah medzi k_c a teplotou

Diskusia

Priebeh glykolýzy v závislosti od času sleduje chod monomolekulárnej reakcie. Podobne ako multienzymatická sústava kateptických enzýmov (5) i multikatalytická sústava enzýmov katalyzujúcich konverziu uhľohydrátov na kyselinu mliečnu sa nízkymi teplotami nerozkladá.

Komplex glykolytických enzýmov a s ním spriahnutý adenylový systém pôsobí v bunke harmonicky. Mierou ich aktivity je množstvo vzniknutej kyseliny mliečnej v závislosti od času a teploty. Znížením teploty sa spomalí rýchlosť glykolýzy, zmenší sa rýchlosť tvorby kyseliny mliečnej. Hodnota koeficientu reakčnej rýchlosti klesá s klesajúcou teplotou.

Z grafického znázornenia empirickej rovnice Arrheniovej vyplývajúci vzťah medzi $\log k$ a recipročnou hodnotou absolútnej teploty $1/T$ získaná krivka vykazuje mierne zakrivenie. Zložitá sústava glykolytických enzýmov je teda podobne ako sústava kateptických enzýmov odolná proti nízkym teplotám, nerozčleňuje sa na jednotlivé komponenty.

Aktivačná energia, ktorú treba odňať sústave, aby sa proces vytvárania kyseliny mliečnej spomalil, nie je rovnaká. Na spomalenie procesu v rozpätí $+5^\circ$ do 0° sa sústavne odoberie viac energie ako v rozpätí 0° až -5° , resp. -5° až -20°C . Hodnota $E_{(w)}$ nie je konštantná.

Na termodynamickú formuláciu konverzie uhľohydrátov svalstva sústavou glykolytických enzýmov možno použiť empirickú rovnicu Arrheniovú. Aktivitu glykolytických enzýmov pri rôznych teplotách možno pomerne dobre predpovedať.

Glykolytické enzýmy nestrácajú aktivitu ani pri veľmi nízkych teplotách. Nízke a ultranízké teploty neinaktivujú enzýmy glykolytickej sústavy, len ich pôsobenie retardujú. Nazdávame sa, že príčinou inhibície je premena glykolytických enzýmov z rozpustnej do nerozpustnej formy.

Hypotermálna inhibícia sústavy glykolytických enzýmov sleduje chod monomolekulárnej reakcie. Inhibičný koeficient k_c stúpa s klesajúcou teplotou. Medzi inhibíciou, resp. koeficientom inhibície k_c a teplotou panuje vzťah, ktorý možno vyjadriť rovnicou priamky. Tento vzťah umožňuje vypočítať relatívnu hodnotu k_c pri ľubovoľnej teplote. Súvislosť koeficientu reakčnej rýchlosti glykolýzy (k) a koeficientu inhibície (k_c), vytvára podklad pre analytické sledovanie priebehu glykolýzy v mäse zmrazenom ihneď po porážke a vyjadrenie relatívneho stupňa glykolýzy v skladovanom mäse.

Podstatou technologického zmrazovania mäsa je termálna inhibícia priebehu konverzie uhľohydrátov na kyselinu mliečnu a priebehu depolymerácie bielkovín mäsa sústavou natívnych enzýmov. Pri obvyklom technologickom postupe zmrazovania mäsa konverzia uhľohydrátov na kyselinu mliečnu prebieha za relatívne vyšších teplôt ako depolymerizácia bielkovín. Pomerne rýchla konverzia uhľohydrátov vytvára priaznivé podmienky pre pôsobenie proteolytických enzýmov.

Rýchlym schladením mäsa po porážke na teploty pod biokinetickým optimom glykolýzy zníži sa aktivita enzýmov glykolytickej sústavy. Počas glykolýzy je aktivita proteolytických enzýmov mäsa relatívne najnižšia. Spomalením glykolýzy, spomalí sa proces zrenia mäsa a predĺži jeho skladovateľnosť.

S ú h r n

Priebeh glykolýzy pri nízkych teplotách sleduje chod monomolekulárnej reakcie. Nízkymi teplotami sa zložitý komplex enzýmov glykolytickej sústavy nemení.

Vzťah medzi rýchlosťou glykolýzy a teplotou možno vyjadriť empirickou rovnicou Arrheniovou. Vzťah medzi inhibíciou glykolýzy a teplotou je lineárny, dá sa vyjadriť rovnicou priamky.

Pri znalosti $E_{(w)}$ a koeficientu reakčnej rýchlosti glykolýzy pri jednej teplote, možno vypočítať aktivitu glykolytických enzýmov pri ľubovoľnej teplote.

Zmrazením za tepla spomalí sa priebeh glykolýzy a autolýzy mäsa.

О ВЛИЯНИИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА АКТИВНОСТЬ ГЛИКОЛИТИЧЕСКИХ ЭНЗИМОВ МЯСА

Резюме

Ход гликолиза, при низких температурах, зависит от хода мономолекулярной реакции. От низких температур не меняется сложный комплект энзимов гликолитической системы.

Отношение между скоростью гликолиза и температурой, можно выразить эмпирическим уравнением Аррениуса. Отношение между замедлением гликолиза и температурой является линейным, — его можно выразить в уравнении прямой.

Зная $E_{(w)}$ и коэффициент реактивной скорости гликолиза, при одной температуре, то можно высчитать активность гликолитических энзимов, при любой температуре.

Ход гликолиза и автолиза мяса значительно замедлится после быстрого замораживания.

BEITRAG ZUR KENNTNIS DES EINFLUSSES VON NIEDRIGEN TEMPERATUREN AUF DIE AKTIVITÄT DER GLYKOLYTISCHEN ENZYME VON FLEISCH

Zusammenfassung

Bei tiefen Temperaturen, folgt der Prozes der Glykolyse den Gang einer monomolekularen Reaktion. Der multienzymatische Komplex der glykolytischen Enzyme wird durch tiefe Temperaturen nicht zerlegt.

Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Glykose von der Temperatur kann durch die empirische Gleichung von Arrhenius ausgedrückt werden. Die Beziehung zwischen der Inhibition der Glykose und der Temperatur ist linear und kann aus der Gleichung einer Geraden berechnet werden.

Ist der Wert von $E(\omega)$ und der Konstante der Reaktionsgeschwindigkeit der Glykose k bei einer Temperatur bekannt, kann die Aktivität der glykolytischen Enzyme bei willkürlicher Temperatur berechnet werden.

Durch das sofortige Gefrieren des warmen Fleisches wird der Verlauf der Glykolyse und der Autolyse des Fleisches verlangsamt.

Literatúra

1. Stein I., Chemia a technológia enzýmov, Bratislava, 1956
2. Engelhard W. A., Ljubimova M. V., Natura, 144, 668 (1939)
3. Neurath H., Bailey K., The Proteins, New York, 1954
4. Barker S., Summersen W., J. biol. Chem. 138, 535 (1941)
5. Stein I., Klempová F., Morárová E., Bulletin Výskumného ústavu mraziarenského, 4, 1 (1962)