

GLIKOLIZA W MIĘŚNIU U ŚWIŃ *

SALOMEA GRAJEWSKA I JERZY KORTZ

Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN
Zakład Mięsoznawstwa, Bydgoszcz

Badania procesu glikolizy, w związku z występowaniem mięsa wodnistego, przeprowadzano najczęściej w oparciu o pomiar szybkości obniżania się pH mięśni (Ludvigsen, 1953; Wismer-Pedersen, 1959; Briskey i Wismer-Pedersen, 1961a; Sayre i in., 1963c) bądź też o oznaczenie szybkości rozkładu glikogenu mięśniowego i akumulacji kwasu mlekowego (Sayre i in., 1961; 1963b; Bendall i in., 1963). Rezerwy glikogenu w mięśniu w stanie spoczynku są względnie stałe, a ilość utworzonego kwasu mlekowego odpowiada w przybliżeniu stechiometrycznej ilości rozłożonego glikogenu (Bodwell i in., 1966). Wydaje się zatem, że przyspieszony proces glikolizy w mięsie wodnistym może być wynikiem wzmożonej aktywności enzymów glikolitycznych.

Dotychczasowe badania w tym zakresie wskazują dość wyraźnie na przyspieszenie procesu glikolizy na etapie działania fosforylasy (Wismer-Pedersen, 1959; Kastenschmidt i in., 1968). Natomiast badania innych enzymów cyklu glikolitycznego nie wykazały zdecydowanych różnic aktywności (Briskey i Wismer-Pedersen, 1961b; Charpentier i Goutefongea, 1963; Sayre i in., 1963a; 1963b; 1963c). Powyższe wyniki autorzy uzyskiwali przy zastosowaniu różnych metod i to nie zawsze dostatecznie specyficznych dla charakteryzowania czynności poszczególnych enzymów.

Celowe w tej sytuacji wydawało się oznaczenie aktywności glikolitycznej mięśni w oparciu o metodę manometrycznego pomiaru glikolizy przy jednoczesnym oznaczeniu podstawowych cech jakości mięsa u świń.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na mięśniu *longissimus dorsi* u 30 sztuk wieprzków rasy wielkiej białej.

Bezpośrednio po wykrwawieniu wycinano z odcinka lędźwiowego

* Praca finansowana w części przez Dep. Rol. USA (FG-Po-182).

próbę mięsa dla przeprowadzenia oznaczeń glikolizy i pomiaru pH (tzw. pH_0). 45 minut po uboju wycinano ponownie próbę mięsa dla przeprowadzenia pomiaru pH (tzw. pH_1). Oznaczenia pH wykonano w homogenatach mięśnia sporządzonych w roztworze jodooctanu sodu.

Podstawową analizę fizykochemiczną mięsa przeprowadzono na próbce pobranej z drugiej połówki tuszy 24 godz. po uboju, w sposób podany przez Kortza i in., (1968).

Pomiar glikolizy wykonano zgodnie z metodą Stoesza i LePage'a (1949). Do homogenatu świeżego mięśnia dodano substrat w postaci fruktozodwufosforanu sodu oraz kofaktory: dwunukleotyd nikotynamido-adeninowy (NAD), sól sodową kwasu adenozynotrójfosforowego (ATP), amid nikotynowy, ponadto odpowiednią ilość dwuwęglanu potasu, chlorku magnezu, fosforanu potasu, fluorku potasu i pirogronianu sodu. Całość inkubowano w atmosferze azotu w temperaturze 37°C . Ilość wytworzonego dwutlenku węgla, powstałego z wypierania CO_2 z medium przez kwas mlekowy, mierzono manometrycznie w aparacie Warburga.

WYNIKI I DYSKUSJA

Otrzymane wyniki analizy mięsa, pomiaru pH mięśnia bezpośrednio i 45 minut po uboju i glikolizy, przedstawiono w tabeli 1.

Jak widać z danych tabeli 1 rozmiar glikolizy wykazuje bardzo duży zakres zmienności przy średnim poziomie $57 \mu\text{l CO}_2/1 \text{ mg}$ suchej masy

Tabela 1

Średnie wartości badanych cech mięsa (\bar{x}) i standardowe odchylenia (s)

Badana cecha	\bar{x}	s
Woda, %	73,76	0,75
Tłuszcz, %	2,79	0,88
Białko ($N \times 6,25$), %	22,65	0,55
Mioglobina, mg %	108,93	17,24
Suma barwników mięśni, mg %	138,14	21,96
WHC, % wody związanej	64,62	3,68
Wyciek termiczny, %	32,38	2,18
pH_0	6,44	0,10
pH_1	6,02	0,26
pH końcowe	5,37	0,09
Barwa:		
dominująca długość fali, $m\mu$	588,06	1,30
nasycenie, %	25,09	2,75
jasność, %	22,05	3,85
Glikoliza		
$\mu\text{l CO}_2/1 \text{ mg s. m. tkanki/godz.}$	56,81	15,36
$\mu\text{mole kwasu mlekowego/1 g}$	635,00	172,00
kwas mlekowy g/100 g mięśnia	5,7	1,55

tkanki/godz. Dla bardziej obrazowego scharakteryzowania zakresu glikolizy przeliczono wytworzony CO_2 na kwas mlekowy. I tak, przeciętna szybkość glikolizy w mięśniu wynosi średnio 635 $\mu\text{moli La/1 g}$ mięśnia lub 5,7 g La/100 g mięśnia.

Dla uzyskania informacji o wpływie glikolizy na jakość mięsa i spadek pH mięśnia obliczono korelacje między glikolizą i innymi badanymi cechami mięsa. Współczynniki korelacji przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Współczynniki korelacji (r) między glikolizą i badanymi cechami mięsa

Badana cecha	r
Woda	-0,32
Tłuszcz	0,11
Białko	0,23
Mioglobina	0,05
Suma barwników mięśniowych	-0,08
Wodochłonność	0,22
Wyciek termiczny	-0,08
pH ₀ '	-0,41 ^x
pH ₁	-0,21
pH końcowe	-0,11
Barwa:	
dominująca długość fali	-0,23
nasycenie	-0,09
jasność	0,02

x — istotne przy $P < 0,05$.

Obliczone korelacje między glikolizą a pH mięśni, barwą, wodochłonnością i składem chemicznym mięsa wykazały, że jedynie pH mięśni mierzone bezpośrednio po uboju (tzw. pH₀) pozostaje w istotnej zależności z szybkością glikolizy, natomiast pozostałe cechy jakości mięsa nie są z nią istotnie związane.

Z badań Bendalla i in. (1963) nad spadkiem pH i akumulacją kwasu mlekowego w mięsie wodnistym wynika, że mimo zdecydowanych różnic w szybkości glikolizy poubojowej — spadek pH 0,65 i 1,05 jednostki pH/godz. — końcowe stężenie mleczanów w mięsie u obu grup świń jest prawie identyczne i wynosi około 125 $\mu\text{moli La/1 g}$ mięśnia. Wykonany przez nas pomiar glikolizy, dzięki podaniu substratu i kofaktorów, zapewnia pełne warunki dla maksymalnej aktywności enzymów glikolitycznych. Stąd też szybkość tworzenia kwasu mlekowego wynosi średnio 635 $\mu\text{moli La/1 g}$ mięśnia/godz. Przekracza to kilkakrotnie szybkość powstawania kwasu mlekowego w mięsie w tuszy. Wynik taki pozostaje w zgodzie z opinią niektórych autorów, że maksymalna aktywność enzymów glikolitycznych umożliwia daleko wyższą glikolizę aniżeli ma to miejsce w tkance (Lowry i Passoneau, 1964).

Przeprowadzone przez nas badania przemawiają za tym, że szczególnie szybka glikoliza, występująca w mięsie wodnistym, nie jest wynikiem zwiększonej aktywności enzymów glikolitycznych na etapie przemian od fruktozodwufosforanu do kwasu mlekowego. Jest oczywiście możliwe, że szybkość glikolizy regulowana jest przez enzymy górnego odcinka glikolitycznego działające pomiędzy glikogenem a fruktozodwufosforanem.

LITERATURA

1. Bendall J. R., O. Hallund and J. Wismer-Pedersen, 1963. *J. Food Sci.*, 28:156.
2. Bodwell C. E., A. M. Pearson, J. Wismer-Pedersen and L. J. Bratzler, 1966. *J. Food Sci.*, 31:1.
3. Briskey E. J. and J. Wismer-Pedersen, 1961a. *J. Food Sci.*, 26:297.
4. Briskey E. J. and J. Wismer-Pedersen, 1961b. *J. Food Sci.*, 26:306.
5. Charpentier J. et R. Goutefongea, 1963. IXth Conference European Meat Research Workers, Budapest.
6. Kastenschmidt L. L., W. G. Hoekstra and E. J. Briseky, 1968. *J. Food Sci.*, 33:151.
7. Kortz J., S. Grajewska, J. Rózycka i R. Barzdo, 1968. *Med. wet.*, 24:325.
8. Lowry H. O. and J. V. Passoneau, 1964. *J. Biol. Chem.*, 239:31.
9. Ludvigsen J., 1953. XVth Veterinary Congress, Stockholm.
10. Sayre R. N., E. J. Briskey and W. G. Hoekstra, 1963a. *J. Food Sci.*, 28:292.
11. Sayre R. N., E. J. Briskey and W. G. Hoekstra, 1963b. *J. Food Sci.*, 28:472.
12. Sayre R. N., E. J. Briskey and W. G. Hoekstra, 1963c. *J. Animal Sci.*, 22:1012.
13. Stoesz P. A. and G. A. LePage, 1949. *J. Biol. Chem.*, 180:587.
14. Wismer-Pedersen J., 1959. *Food Res.*, 24:711.

C. Grajewska, E. Korti

ГЛИКОЛИЗ В МЫШЦЕ У СВИНЕЙ

Резюме

Исследования гликолитической активности мышцы проведены были при применении манометрического измерения гликолиза. К соответственному количеству гомогената свежей мышцы добавались кофакторы и субстрат в виде дифосфата фруктозы. Все подвергали инкубации в среде бикарбоната в атмосфере азота. Полученный в этих условиях CO_2 пересчитывали на молочную кислоту/1 г мышцы. Средний уровень гликолиза у 30 исследуемых свиней составлял 635 μM молочной кислоты/1 г мышцы/1 час. Кроме того проведен был основной физикохимический анализ мяса с учётом измерения цвета, водопоглощаемости и измерения pH непосредственно после убоя и через 45 минут после убоя.

Коэффициенты корреляции между гликозом и исследуемыми свойствами мяса показали, что только pH мышцы непосредственно после убоя остается в действительном соотношении с гликолитической активностью мышцы ($r = 0.41$; $P < 0.05$), зато остальные свойства качества мяса с нею существенно не связаны.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что максимальная активность гликолитических энзимов, действующих на этапе обмена от дифосфата фруктозы до молочной кислоты, делает возможным в несколько раз более быстрый гликолиз чем действительно выступающий в мышце в туше. Поэтому скорость гликолиза в водянистом мясе не обуславливается активностью гликолитических энзимов.

S. Grajewska, J. Kortz

GLYCOLYSIS IN PORCINE MUSCLE

Summary

Research on the glycolytic activity of the muscle was conducted by means of the manometric technique. To a suitable quantity of fresh muscle homogenate, cofactors and substrate in the form of hexose diphosphate were added and the whole was incubated under nitrogen in bicarbonate medium. The CO₂ thus formed was calculated in terms of lactic acid content produced by 1 g of muscle. Mean value for glycolysis in the 30 pigs tested was 635 μM of lactic acid/1 g muscle/1 hr.

The meat was also submitted to physical and chemical analysis including the measurement of colour and water holding capacity and pH measurement direct after slaughter and 45 minutes after slaughter.

Correlation coefficients for glycolysis and the meat properties tested have shown that muscle pH immediately after slaughter is the only one to have any significant relationship with the glycolytic activity of the muscle ($r = 0.41$; $P < 0.05$).

The results obtained suggest that maximum activity of glycolytic enzymes working at the stage from hexose diphosphate to lactic acid, enables a much more rapid glycolysis process than actually taking place in the carcass muscle. Hence it follows that the rate of glycolysis in pale, soft and exudative meat is not conditioned by the activity of glycolytic enzymes examined.