

SZYBKOŚĆ TWORZENIA KWASU MLEKOWEGO W MIĘŚNIU ŚWIŃ PO UBOJU *

SALOMEA GRAJEWSKA I JERZY RÓŻYCZKA

Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN
Zakład Mięsoznawstwa, Bydgoszcz

Szybkość powstawania w mięśniach kwasu mlekowego i związane z tym zakwaszenie tkanki ma poważny wpływ na występowanie mięsa wodnistej (Ludvigsen, 1953; Wismer-Pedersen, 1959; Lawrie, 1960). Współzależność między spadkiem pH i akumulacją kwasu mlekowego jest dość wysoka, szczególnie przy szybkiej glikolizie i posiada liniowy charakter (Bate-Smith i Bendall, 1949; Bendall, 1960; Bendall i in., 1963). Jednakże jedynie zawartość kwasu mlekowego w mięsie po uboju może ściśle charakteryzować glikolizę, gdyż jest on końcowym produktem rozkładu glikogenu. Ilość pośrednich produktów przemiany glikogenu jest niewielka i dość stała, nie może mieć zatem większego wpływu na oznaczanie glikolizy (Bodwell i in., 1967).

Celem tej pracy było określenie szybkości glikolizy w mięsie po uboju w oparciu o oznaczenie szybkości tworzenia kwasu mlekowego i spadek pH oraz charakterystyka zależności między obu tymi wartościami.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na mięśniach *longissimus dorsi* 25 sztuk świń. Próby mięsa wycinano z odcinka lędźwiowego bezpośrednio po wykrwawieniu i 40 minut po uboju. Oznaczenia praktycznie następowały po upływie 4—5 i 45 minut od momentu klucia. 48 godz. po uboju pobierano próby mięsa z drugiej, nienaruszonej połówki tuszy.

Oznaczenie kwasu mlekowego przeprowadzono metodą Barkera i Summersona (1941). Pomiar pH wykonano, w tych samych odcinkach mięśnia co kwas mlekowy, potencjometrycznie elektrodą szklaną w homogenatach sporządzonych w roztworze jodooctanu sodu (0,02 M).

Obliczenia statystyczne wykonano metodą dwukierunkowej analizy wariancji z eliminacją powtórzeń wg Snedecora (1956).

* Praca finansowana w części przez Dep. Rol. USA (FG-Po-117).

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie poziomy kwasu mlekowego (La) oraz pH mięśni pH₅, pH₄₅ min. i 48 godz. po uboju przedstawiono w tabeli 1.

Poziom kwasu mlekowego w mięśniu po uboju odpowiada danym cytowanym w literaturze (Briskey i Wismer-Pedersen, 1961; Bendall i in., 1963). Zawartość La bezpośrednio i 45 minut po uboju jest nieco

Tabela 1

Średnie wartości (\bar{x}) La i pH w mięśniu *longissimus dorsi* oraz standardowe odchylenia (s)

| Badany czynnik | \bar{x} | s |
|-----------------------------------|-----------|-------|
| La ₅ , μM/1 g mięśnia | 57,22 | 10,79 |
| La ₄₅ , μM/1 g mięśnia | 72,70 | 25,58 |
| La _{48h} μM/1 g mięśnia | 127,02 | 8,18 |
| pH ₅ | 6,46 | 0,14 |
| pH ₄₅ | 6,25 | 0,37 |
| pH _{48h} | 5,30 | 0,09 |

wyższa niż podaje Bendall i in. (1963), co może być wynikiem techniki pobierania prób mięśni. Autorzy ci umieszczali wycięte po uboju uróby miśni w termostacie w warunkach beztlenowych, z których sukcesywnie pobierali małe próbki do wykonania oznaczeń. W tym doświadczeniu próbki mięśni wycinano w odpowiednim czasie bezpośrednio z tuszy.

Obliczone współczynniki korelacji między zawartością kwasu mlekowego i pH mięśni w odpowiednich przedziałach czasu przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Współczynniki korelacji między zawartością kwasu mlekowego (La) i pH mięśni po uboju

| Kwas mlekowy | pH ₅ ' | pH ₄₅ ' | pH _{48h} |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| La ₅ | -0,58 ^{xx} | -0,51 ^{xx} | -0,16 |
| La ₄₅ | -0,58 ^{xx} | -0,85 ^{xx} | -0,01 |
| La _{48h} | 0,05 | 0,14 | 0,18 |

xx — istotne przy $P < 0,01$.

Jak widać z danych tabeli 2, statystycznie wysoko istotne korelacje występują między zawartością kwasu mlekowego i zakwaszeniem tkanki bezpośrednio po uboju oraz 45 minut po uboju, podczas gdy końcowe stężenie La podobnie jak i pH wykazują minimalną zmienność i nie są istotnie skorelowane.

Analizując szybkość tworzenia kwasu mlekowego po uboju u poszczególnych zwierząt podzielono badane pogłowie na III grupy (tabela 3). W grupie I znalazły się wszystkie świnie, u których zaobserwowano niższy poziom kwasu mlekowego 45 minut po uboju, aniżeli bezpośrednio po uboju. W grupie II umieszczono osobniki wykazujące umiarkowaną szybkość glikolizy, a w grupie III świnie, u których glikoliza trwała nie wiele dłużej niż 45 minut.

Tabela 3

Poziom kwasu mlekowego, $\mu\text{M}/1$ g mięśnia

| Grupa | $\text{La}_{5'}$ | | $\text{La}_{45'}$ | | $\text{La}_{48\text{h}}$ | | Istotność różnic |
|------------------------|------------------|-----|-------------------|------|--------------------------|------|------------------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} | s | |
| I | 60,6 | 4,1 | 50,0 | 10,8 | 127,6 | 12,3 | xx |
| II | 47,3 | 9,3 | 61,2 | 10,1 | 125,2 | 6,0 | xx |
| III | 66,7 | 7,3 | 103,4 | 17,5 | 128,0 | 9,5 | xx |
| Różnice między grupami | xx | | xx | | — | | |

xx — istotne przy $P < 0,01$.

Podobny charakter glikolizy, aczkolwiek nie tak ewidentnie, wskazuje pomiar pH mięśni w analogicznych przedziałach czasu (tabela 4).

Tabela 4

Wartości pH mięśni

| Grupa | $\text{pH}_{5'}$ | | $\text{pH}_{45'}$ | | $\text{pH}_{48\text{h}}$ | | Istotność różnic |
|------------------------|------------------|------|-------------------|------|--------------------------|------|------------------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} | s | |
| I | 6,51 | 0,09 | 6,60 | 0,17 | 5,30 | 0,10 | xx |
| II | 6,55 | 0,11 | 6,37 | 0,12 | 5,29 | 0,07 | xx |
| III | 6,35 | 0,13 | 5,88 | 0,40 | 5,28 | 0,10 | xx |
| Różnice między grupami | xx | | xx | | — | | |

xx — istotne przy $P < 0,01$.

Zaobserwowane zjawisko zmniejszenia się zawartości kwasu mlekowego w pewnym czasie po uboju wskazywałoby na dalszy metabolizm kwasu mlekowego w mięśni. Taką hipotezę popierałyby wyniki badań Sayre'a i in. (1963) nad szybkością rozkładu glikogenu i akumulacją kwasu mlekowego u trzech ras świń. Stwierdzili oni, że u świń rasy Hampshire, charakteryzujących się powolną glikolizą, istnieje znaczna dysproporcja między ilością rozłożonego glikogenu i ilością powstałego kwasu mlekowego. Istnieje możliwość, że różnice między rozłożonym

glikogenem i utworzonym kwasem mlekowym stanowią nagromadzone pośrednie produkty przemiany glikogenu.

Kolejne badania (Kastenschmidt i in., 1968), w których uwzględniono zarówno metabolizm glikogenu jak i pośrednich produktów rozkładu glikogenu, wskazują, że w mięśniach o powolnej glikolizie w ciągu pierwszej godziny po uboju powstaje mniej kwasu mlekowego, niż wynikałoby to z oznaczenia ilości metabolitów glikogenu. Natomiast badania wykonane przez nas (tabela 3), oparte o oznaczenie ilości kwasu mlekowego, wyraźnie podkreślają, że w pewnej grupie mięśni o najwyższym pH₄₅, istnieją warunki dalszego metabolizmu kwasu mlekowego, gdyż jego poziom jest zdecydowanie niższy 45 minut po uboju niż bezpośrednio po uboju.

LITERATURA

1. Barker S. B. and W. H. Summerson, 1941. J. Biol. Chem., 138:535.
2. Bate-Smith E. C. and J. R. Bendall, 1949. J. Physiol., 110:47.
3. Bendall J. R., 1960. The Structure and Function of Muscle, vol. III. Ed. G. H. Bourne, Acad. Press, N. Y. p. 227.
4. Bendall J. R., O. Hallund and J. Wismer-Pedersen, 1963. J. Food Sci., 28:156.
5. Bodwell C. E., A. M. Pearson, J. Wismer-Pedersen and L. J. Bratzler, 1967. J. Food Sci., 31:1.
6. Briskey E. J. and J. Wismer-Pedersen, 1961. J. Food Sci., 26:306.
7. Kastenschmidt L. L., W. G. Hoekstra and E. J. Briskey, 1968. J. Food Sci., 33:151.
8. Lawrie R. A., 1960. J. Comp. Pathol., 70:273.
9. Ludvigsen J., 1953. XVth International Veterinary Congress, Stockholm.
10. Sayre R. N., E. J. Briskey and W. G. Hoekstra, 1963. J. Animal Sci., 22:1012.
11. Wismer-Pedersen J., 1959. Food Res., 24:711.

C. Граевска, Е. Ружичка

СКОРОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ В МЫШЦЕ У СВИНЕЙ ПОСЛЕ УБОЯ

Резюме

Произведенные исследования скорости гликолиза в мышце после убоя заключали в себе определение содержания молочной кислоты, а также измерение рН мышц непосредственно после убоя, через 45 минут и через 48 часов после убоя у 25 свиней. Средний уровень содержания молочной кислоты равнялся соответственно 57.22, 72.70 и 127.02 $\mu\text{M}/1$ и мышцы, а также рН в тех же промежутках времени после убоя 6.46, 6.25 и 5.30. Статистически высоко достоверные корреляции констатированы между содержанием молочной кислоты и рН через 5 минут после убоя ($r = 0.58$; $P < 0.01$), а также через 45 минут после убоя ($r = 0.85$; $P < 0.01$).

Замечены значительные различия в характере хода процесса гликолиза и снижения рН *post mortem*. Различия эти позволили разделить исследуемые свиньи на 3 группы различающиеся достоверно скоростью гликолиза. В первой

группе замечен небольшой убыток содержания молочной кислоты и повышение рН мышцы в среднем на 0.1 единицы рН в периоде первых 45 минут после убоя. Группа вторая характеризовалась умеренной скоростью гликолиза и содержание молочной кислоты прогрессивно возрастало, что сопровождалось увеличением окисления ткани. Третья группа свиней проявляла очень быстрый гликолиз и уровень молочной кислоты через 45 минут после убоя достигал в среднем 103.4 $\mu\text{M}/1$ г мышцы, а рН = 5.88. Конечная концентрация молочной кислоты у всех трёх групп была почти идентична 125.2—128.0 $\mu\text{M}/1$ г мышцы.

Полученные результаты отчётливо подчёркивают возможность дальнейшего метаболизма молочной кислоты post mortem у свиней характеризующихся медленным гликолизом после убоя.

S. Grajewska, J. Różyczka

THE RATE OF LACTIC ACID PRODUCTION IN PIGS' MUSCLE AFTER SLAUGHTER

Summary

Research investigating the rate of glycolysis in the muscle after slaughter comprised the determination of lactic acid content and pH measurement taken immediately, 45 minutes and 48 hours after slaughter, respectively, in 25 pigs. The respective figures for average lactic acid content were, respectively, 57.22, 72.70, and 127.02 μM per 1 g of muscle, while pH for the same time intervals after slaughter were 6.46; 6.25 and 5.30. Highly significant correlations were found between lactic acid content and pH at 5 minutes after slaughter ($r = 0.58$; $P < 0.01$) and 45 minutes after slaughter ($r = 0.85$; $P < 0.01$).

Considerable differences were noted in the character of the course taken by the process of glycolysis and pH fall post mortem. The above differences served to divide the animals into three groups marked by significant differences in the rate of their glycolysis. Group I was observed to display a slight decrease in lactic acid content and an increase of the muscle pH by an average of 0.1 pH unit within the first 45 minutes after slaughter. Group II was marked by a moderate rate of glycolysis while lactic acid content went progressively up and was accompanied by an increase in the acidity of the tissue. The III group of pigs showed a very high rate of glycolysis and its level of lactic acid 45 minutes after slaughter attained an average of 103.4 μM per 1 g of muscle, the pH value being 5.88. The final concentration of lactic acid was almost identical for all the three groups, amounting to 125.2 to 128.0 μM per 1 g of muscle.

The results obtained give clear indication of the possibility of further metabolism of lactic acid post mortem in pigs possessing a low rate of glycolysis after slaughter.