Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2026-11-26

豚肉の貯蔵に及ぼす酸素,炭酸ガス及び窒素ガスの影響(畜産学)

岡山, 高秀
尾崎, 通昭
源, 伸介
伊藤, 和彦
近藤, 健次郎

(Citation)
神戸大学農学部研究報告,15(1):149-154

(Issue Date)
1982

(Resource Type)
departmental bulletin paper

(Version)
Version of Record

(JaLCDOI)
https://doi.org/10.24546/00227266

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/00227266

KOBE UNIVERSITY

神大農研報 (Sci. Rept. Fac. Agr. Kobe Univ.) 15 : 149—154, 1982

豚肉の貯蔵に及ぼす酸素，炭酸ガス及び窒素ガスの影響

岡山　高秀*・尾崎　通昭**・源　伸介*・伊藤　和彦*・近藤健次郎*

(昭和56年8月10日受理)

EFFECT OF OXYGEN, CARBON DIOXIDE AND NITROGEN ATMOSPHERES ON STORAGE QUALITY OF PORK

Takahide Okayama,* Michiaki Ozaki,** Shinsuke Minamoto,* Kazuhiko Itoh* and Kenjiro Kondo*

Abstract

Commercial pork was stored at 1°C in modified gas atmospheres of (1) 20% CO_2 + 80% O_2, (2) 10% CO_2 + 90% O_2, (3) 20% CO_2 + 80% N_2, (4) 10% CO_2 + 90% N_2, (5) 100% CO_2 and (6) 100% N_2. The gas composition in modified gas atmospheres of (1), (2), (3) and (4) changed little during the 14-day storage period. After 0, 4, 7 and 14 days of storage, measurements were made on MetMb formation, TBA value, pH and amino nitrogen of the meat. High oxygen concentration caused a significant decrease in the rate of MetMb formation, the formation of MetMb was below 25% even after 14 days of storage in (1) and (2). Also TBA values of pork loin showed a steady increase in the atmospheres of (1) and (2), after 14 days of storage, it indicated lower values in the atmospheres of (5) and (6). The pH of the meat in modified gas atmospheres changed little during the 14-day storage period in this study. The amounts of amino nitrogen in all samples increased after 14 days of storage.

From the standpoint of meat quality, these results suggest that a modified gas atmosphere of 20% CO_2 + 80% O_2 is suitable for short storage of pork loin and 100% CO_2 atmosphere as well as 100% N_2 atmosphere is suitable for long storage of pork loin.

炭酸ガス（CO_2）は細菌の増殖を阻害する作用を有することが知られており[1,5,7]，すでに1930年代には牛枝肉の長期冷蔵輸送に有効に利用された。しかし，高濃度の CO_2 は肉色に悪い影響を及ぼすことが指摘された[10,14]。また，高濃度の酸素（O_2）は肉色を良好に保持する[2]が，脂質の酸敗を促進する[12]ことも報告されている。さらに，窒素ガス（N_2）は貯蔵中の生肉重量の損失をわずかに防止する[15]が肉色[18]及び細菌の増殖[19]にはほとんど影響を及ぼさないと報告されている。

近年，上記ガスを利用した生肉の貯蔵に関するいくつかの報告が行なわれた[8,12,13,15,16,19]。Taylor and MacDougall[19]は牛肉を CO_2，O_2 及び N_2 混合気体中に貯蔵した結果，CO_2 と O_2 分圧は貯蔵中に変化し，20% CO_2 + 80% O_2 の混合ガス中では1℃で少なくとも1週間は変色を抑えることができたと報告した。また，Partmann *et al.*[13]は牛肉を1℃で6週間貯蔵試験を行ない，20% CO_2 + 80% N_2 においてすぐれた貯蔵性を認め，さらに流動ガスより静止ガス貯蔵の方が肉色の安定性の高いことを報告した。最近，豚肉に関して Ordonez and Ledward[12]は CO_2 と O_2 混合ガスを使用し，高酸素濃度下ではメトミオグロビン（MetMb）の生成を抑制するが，脂質の酸敗に問題があることを指摘した。一方，Seideman *et al.*[16]は CO_2，O_2 及び N_2 の各種混合気体中における貯蔵結果から，O_2 の存在は豚肉の貯蔵に有用でないことを示唆した。上記のように，生肉のガス貯蔵は用いられたガス組成，材料及び

* 畜産製造学研究室
** 現MCC食品株式会社

筋肉の部位，大きさ，温度等の条件によってかなり異なった結果が得られている。

今回，豚肉のガス貯蔵に最も適したガス組成を見いだす目的で，O_2，CO_2及びN_2が豚肉の貯蔵に及ぼす影響について検討を行なったので得られた結果を報告する。

材料及び方法

1. 供試肉

市販の豚背ロース（*Longissimus thoracis*）からできるだけ脂肪と結合組織を取り除き，厚さ2 *cm*，縦横6 *cm* 角とし，これを試料とした。

2. ガス組成の選択ならびに調製

本実験に用いた各ガス組成はこれまでの報告[12,13,15,16,19]を参考にして(1)20%CO_2+80%O_2，(2)10%CO_2+90%O_2，(3)20%CO_2+80%N_2，(4)10%CO_2+90%N_2，(5)100%CO_2及び(6)100%N_2とした。また，比較のため(7)真空貯蔵さらに対照として(8)空気中においても同様の実験を行なった。なお，(1)～(6)のガス組成は小島製作所のガス混合装置（Kofloc, GM-3A）を用い，各ガス圧を1気圧に調節後，各目的のガス組成を調製した。

3. 貯蔵方法及びガス組成の測定

供試肉はあらかじめ70%アルコールで内部消毒した3 *ℓ* 容ガラス製円筒容器（Fig. 1）内の金網上(h)に静置し，上記方法により調製した各ガスをガラス容器に導き，空気と置換後密閉した。貯蔵中のガス組成の測定はFig. 1の上部ゴム管(a)よりガス試料を採取し，中間セルTCD型ガスクロマトグラフィで行なった。なおすべての試料は1℃の暗所に貯蔵し，4，7及び14日後に取り出し以下の測定に供した。実験は同一試料につき3回行ない，その平均値で示した。

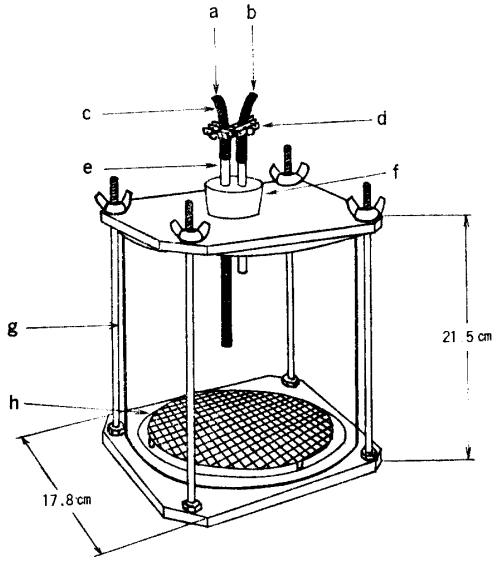

Fig. 1. Schematic diagram of apparatus for storage of pork loin.
a : inlet, b : outlet, c : rubber tube, d : screw cock, e : glass tube, f : rubber stopper, g : glass jar, h : stainless steel net.

4. MetMb の測定

MetMb の生成量は島津分光光度計（UV-200）に積分球付属装置を取り付け，Franke *et al.* の方法[3]により，波長750 nm, 632 nm における表面反射率を測定し，全色素量に対する MetMb 生成量をパーセントで表示した。

5. TBA 価の測定

TBA価の測定は Turner *et al.* の方法[20]により行なった。すなわち，試料に2Mリン酸溶液中に20%TCAをとかした溶液と0.01M2-チオバルビツール酸溶液を加え，30分間加熱後，冷却し，イソアミルアルコール：ピリジン（2：1）混合液を加え，遠心分離し，上澄液の538 nmにおける吸光度を測定し，これをTBA価とした。

6. pH の測定

試料に一定量の水を加えてホモブレンダー（日本精機製）で2分間ホモゲナイズし，日立—堀場 D-5形 pH メーターを用いて測定した。

7. アミノ態窒素の測定

試料中のアミノ態窒素量の測定は Sørensen のホルモル滴定法[17]で行ない，それぞれ*mg/g*で表示した。

結果と考察

1. 貯蔵中におけるガス組成の変化

Taylor and MacDougall[19]は前記したように貯蔵中にガス組成の変化することを認めている。そこで，本実験条件下で，4，7及び14日間貯蔵後の各ガス組成を測定した。その結果，(1)20%CO_2+80%O_2，(2)10%CO_2+90%O_2，(3)20%CO_2+80%N_2及び(4)10%CO_2+90%N_2とも貯蔵期間中各ガス組成にほとんど変化は認められなかった。これは本実験では試料に対してかなり大きな空間（headspace）を有する容器を用いたことがその一因であると考えられる。一方，(5) 100%CO_2と(6) 100%N_2では貯蔵14日後わずかな変化を生じたが，前者で95.5%後者で98.2%に保持されていた。これらの結果は Seideman *et al.*[15]の牛肉を用いて14日間貯蔵した実験結果，96.5%CO_2と96.9%N_2とほぼ同じ傾向を示した。

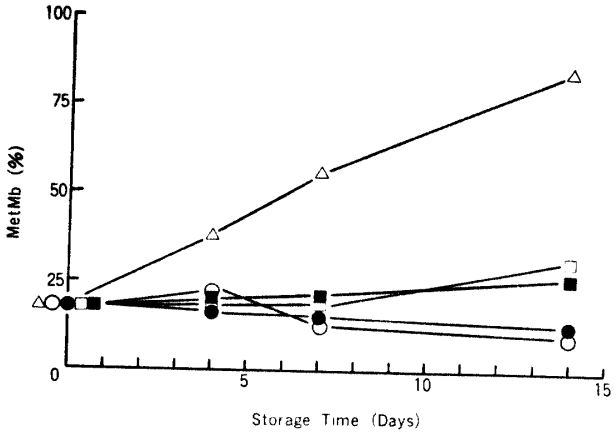

Fig. 2. Effect of storage on MetMb formation in pork loins stored in air (△), 20% CO_2 + 80% O_2(○), 10% CO_2+90% O_2 (●), 20% CO_2+80% N_2 (□) and 10% CO_2+90% N_2 (■) at 1°C.

以上の結果から，本実験条件下では14日間貯蔵中各ガス組成の変化はほとんど認められなかった。

2. 肉色の変化

生肉の貯蔵における重要な問題の一つとして肉色の変化が挙げられる。すなわち，生肉の色の良否はその生肉の売れ行きと密接に関与していることが報告されている[6,9]。消費者に好まれる生肉の色とはと殺直後の筋肉色素，還元ミオグロビンと O_2 とが結合したオキシミオグロビン(OxyMb)の生成に依存している。このOxyMbは貯蔵条件により次第に酸化され好ましくない褐色のMetMbへと変化する。Greene *et al.*[4]は牛ひき肉を用いた実験より，MetMbのレベルが40%以上になると明白に肉色の悪化が認められると報告している。そこで，各ガス組成下に貯蔵した試料のMetMb生成量を測定した。

得られた結果はFig. 2，Fig. 3のとおりである。空気中に貯蔵した対照は貯蔵日数とともにMetMb生成量は著しく増加し，4日後には40%近くになり14日後は約80%に達した。これらの結果はOrdonez and Ledwardの報告[12]より高い値が得られたがその増加傾向はほぼ一致した。一方，高酸素濃度条件下（Fig. 2）ではMetMbの生成は14日後においても20%程度に保たれ，その生成量は著しく抑制された。肉眼的観察から，本実験高酸素条件下ではOxyMbが生成し，生じたOxyMbが保持されたことを示し，これはTaylor[19]とOrdonez[12]の結果と一致する。次に，前記のように高濃度のCO_2は肉色に悪い影響を及ぼすことが知られている[10,14]。しかし，本実験の100%CO_2で14日間貯蔵した結果を他のガス組成で貯蔵した結果と比較すると，やや高いMetMb生成量が認められたが，その値からは顕著なCO_2の影響は判明しなかった。MetMb生成量に及ぼす10%と20% CO_2の差異は明白でなく，10%あるいは20%程度のCO_2濃度はMetMb生成にほとんど影響を及ぼさないという報告[1,11]と同じ結果と思われる。さらに，MetMb生成に及ぼすN_2の顕著な作用は認められずTaylor and MacDougallの報告[19]と一致した。なお，比較のために行なった真空貯蔵の結果(Fig. 3)，貯蔵期間中MetMbの生成はかなり低く抑制され，Seldeman *et al.*[15,16]の同様の実験結果と異なった。その原因は現在のところ不明である。

3. 脂質の酸敗

各ガス組成下に貯蔵した試料の酸敗の程度を検討する

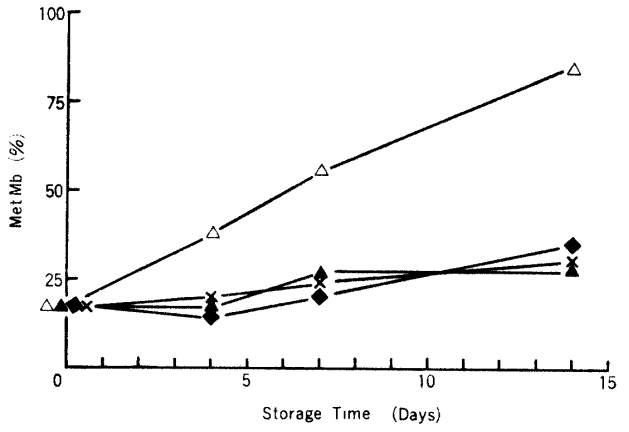

Fig. 3. Effect of storage on MetMb formation in pork loins stored in air (△), 100% CO_2 (◆), 100% N_2 (×) and vacuum (▲) at 1°C.

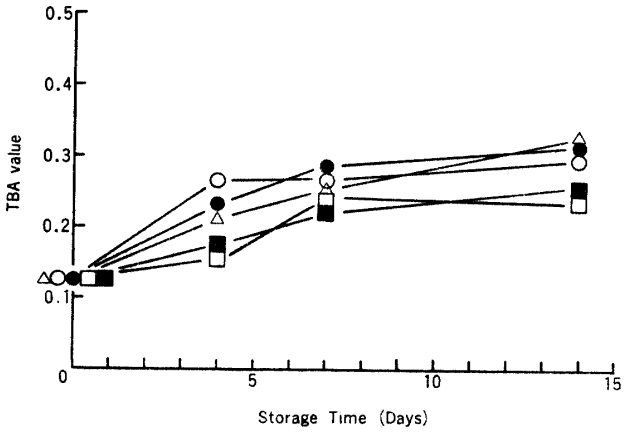

Fig. 4. Effect of storage on TBA value in pork loins stored in air (△), 20% CO_2+80% O_2 (○), 10% CO_2+90% O_2 (●), 20% CO_2+80% N_2 (□) and 10% CO_2+90% N_2 (■) at 1°C.

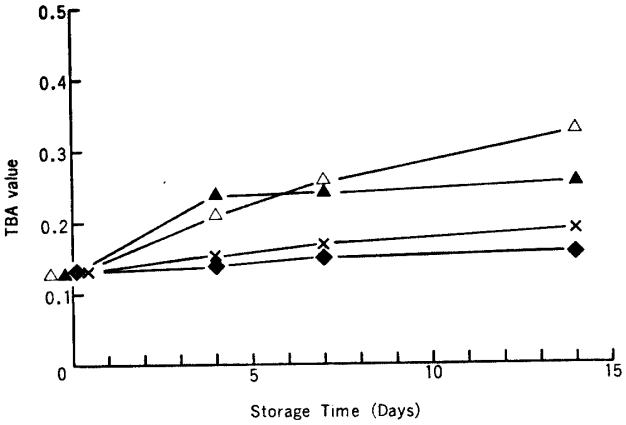

Fig. 5. Effect of storage on TBA value in pork loins stored in air (△), 100% CO_2 (◆), 100% N_2 (×) and vacuum (▲) at 1°C.

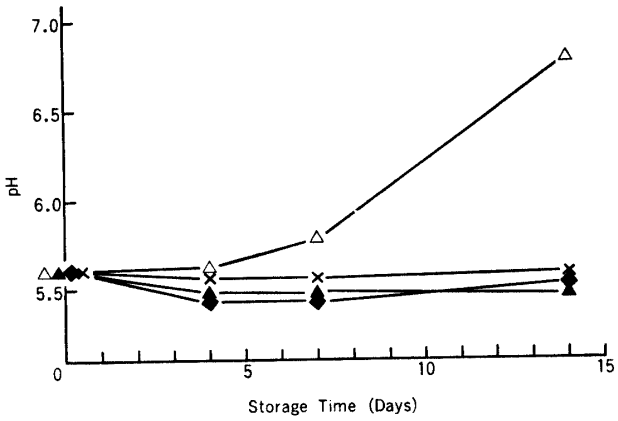

Fig. 7. Effect of storage on pH in pork loins stored in air (△), 100% CO_2 (◆), 100% N_2 (×) and vacuum (▲) at 1°C.

目的でTBA価の測定を行なった。

得られた結果は Fig. 4, Fig. 5 のとおりである。対照は貯蔵日数とともにTBA価も上昇し，14日後0.3以上となった。高酸素濃度条件下では貯蔵4日と7日後すでに0.3近くのTBA価が得られ，対照より高い値が認められた。高窒素ガス存在下（Fig. 4）でのTBA価は4日後までは低く，次の7日後でやや上昇したが14日後でもほぼ0.2の値が得られた。さらに，100% N_2 では（Fig. 5）TBA価は貯蔵期間中わずかの上昇は認められたが，その値は低く抑制された。100%CO_2ではほとんどTBA価の上昇は認められなかった。真空貯蔵では始め4日目までかなりTBA価が上昇し，その後はほぼ平衡状態に保持された。通常，生肉の場合TBA価は1週間はほとんど変化なく大体0.5以下の値に保たれると言われており[20]，本実験でもすべて0.5以下の値であった。Turner *et al.*[20] は豚肉のTBA価が0.46以上になると明白に好ましくない状態に達すると報告した。しかし，本実験条件下では0.3以上のTBA価ですでに酸敗臭が感じられた。この値の差は Turner *et al.*[20] が試料の粉砕の条件でTBA価が変化することを認めているところから，それが上記の差異を生じた原因の一つと考えられる。以上の結果は，Ordonez and Ledward[12] が高酸素濃度貯蔵では脂質の酸敗が問題であると示唆した報告と一致した。

4. pH 及びアミノ態窒素量の変化

各ガス組成下に貯蔵した試料の pH 及びアミノ態窒素

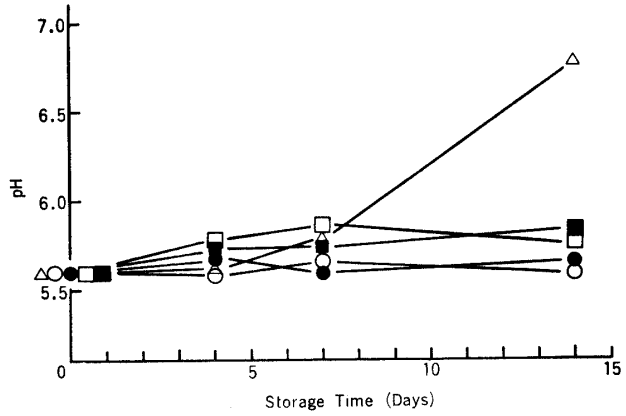

Fig. 6. Effect of storage on pH in pork loins stored in air (△), 20% CO_2+80% O_2 (○), 10% CO_2+90% O_2 (●), 20% CO_2+80% N_2 (□) and 10% CO_2+90% N_2 (■) at 1°C.

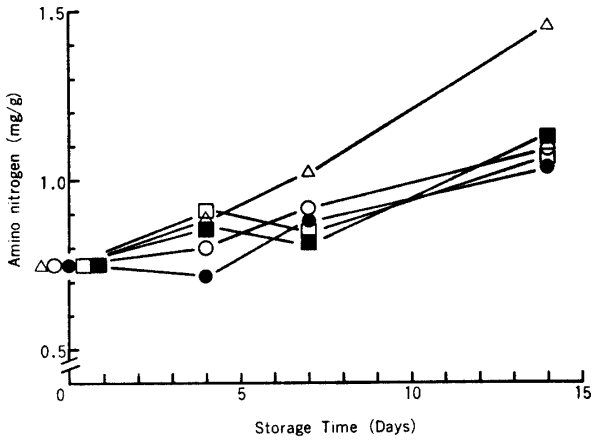

Fig. 8. Effect of storage on amino nitrogen in pork loins stored in air (△), 20% CO_2+80% O_2 (○), 10% CO_2+90% O_2 (●), 20% CO_2+80% N_2 (□) and 10% CO_2+90% N_2(■) at 1°C.

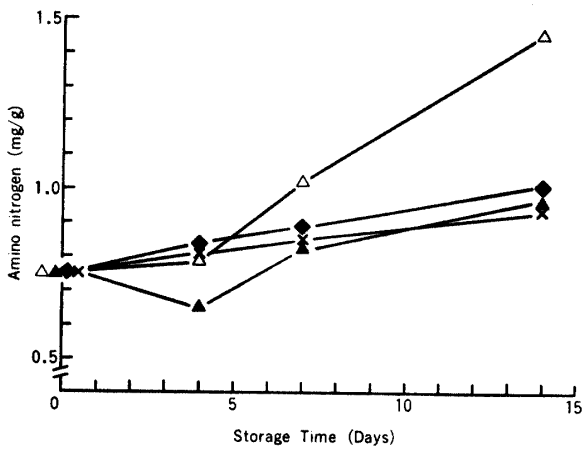

Fig. 9. Effect of storage on amino nitrogen in pork loins stored in air (△), 100% CO_2 (◆), 100% N_2 (×) and vacuum (▲) at 1℃.

量を測定した。

貯蔵中の pH の変化は Fig. 6, Fig. 7 のとおりである。対照を除いてほぼ一定 (pH 5.5 付近) に保たれた。Ledward[11] は高濃度CO_2存在下では肉表面の pH は低下すると報告し，また，Seideman *et al.*[15] は牛肉を用い 100%CO_2，100%N_2及び真空貯蔵 14 日後の pH はそれぞれ5.51，5.68及び5.52と報告した。本実験では (Fig. 7) 100%CO_2で4日と7日後にやや低い pH が得られたが顕著な低下は認められなかった。

次に，アミノ態窒素量の変化は Fig. 8, Fig. 9 のとおりである。いずれの試料とも真空貯蔵4日後を除いてほぼ貯蔵日数とともにアミノ態窒素量は上昇した。しかしながら，各ガス組成による明白な差異は認められなかった。pH ならびにアミノ態窒素量の測定結果から，空気中に貯蔵した対照は他の試料に比べて肉質の低下が早く進行していることを示唆した。

以上の結果から，豚肉の短期貯蔵には20%CO_2+80%O_2，長期貯蔵の場合には 100%CO_2及び100%N_2が有効であることが示唆された。これらの結果をさらに明確にするためには今後さらに細菌学的検討が必要と思われる。

謝　辞

ガス組成測定に関して種々有益なるご指導とご助言を賜わった保蔵加工学研究室水野進教授ならびに寺井弘文先生に深く感謝の意を表します。

要　約

豚肉のガス貯蔵に最適のガス組成を見いだす目的で，各種濃度の酸素 (O_2)，炭酸ガス (CO_2) 及び窒素ガス (N_2) 中に豚肉を1℃で14日間貯蔵を行ない，ガス組成の変化，MetMb 生成量，TBA 価，pH 及びアミノ態窒素量を測定した。その結果，貯蔵期間中各ガス組成の変化はほとんど認められなかった。高酸素濃度 (80%O_2+20%CO_2，90%O_2+10%CO_2)に貯蔵した豚肉は明らかに MetMb の生成は抑制され，14日後においても好ましい肉色を保持できた。肉色に及ぼすCO_2の影響は顕著には認められなかった。TBA価は高酸素条件下で高い値が得られたが，100%CO_2と100%N_2貯蔵では14日後もTBA価はかなり低い値に保持された。各ガス組成下における pH ならびにアミノ態窒素量の変化に明白なる差異は認められなかった。以上の検討から，豚肉の短期貯蔵の場合は20%CO_2+80%O_2，長期貯蔵には100%CO_2及び100%N_2が有効であることが示唆された。

文　献

1) Clark, D. S. and C. P. Lentz : *Can. Inst. Food Technol. J.*, **2**, 72—75, 1969.
2) Daun, H., M. Solberg, W. Franke and S. Gilbert : *J. Food Sci.*, **36**, 1011-1014, 1971.
3) Franke, W. C. and M. Solberg : *J. Food Sci.*, **36**, 515-519, 1971.
4) Greene, B. E., I. Hsin and M. Y. W. Zipser : *J. Food Sci.*, **36**, 940-942, 1971.
5) Haines, R. B. : *J. Soc. Chem. Ind. London*, **52**, 13-17, 1933.
6) Hood, D. E. and E. B. Riordan : *J. Food Technol.*, **8**, 333-343, 1973.
7) Huffman, D. L. : *J. Food Sci.*, **39**, 723-725, 1974.
8) Huffman, D. L., K. A. Davis, D. N. Marple and J. A. McGuire : *J. Food Sci.*, **40**, 1229-1231, 1975.
9) Jeremiah, L. E., Z. L. Carpenter and G. C. Smith : *J. Food Sci.*, **37**, 476-479, 1972.
10) Kraft, A. A. and J. C. Ayres : *Food Technol.*, **6**, 8-12, 1952.
11) Ledward, D. A. : *J. Food Sci.*, **35**, 33-37, 1970.
12) Ordonez, J. A. and D. A. Ledward : *Meat Sci.*, **1**, 41-48, 1977.
13) Partmann, W., M. T. Bomar, M. Hajek, H. Bohling and H. Schlaszus : *Fleishwirtschaft*, **55**, 1441-1451, 1975.

14) Pohja, M. S., A. Alivaara and O. Sorşavirta : *Proc. 13th Eur. Meet. Meat Res. Workers*, 1967.
15) Seideman, S. C., G. C. Smith, Z. L. Carpenter, T. R. Dutson and C. W. Dill : *J. Food Sci.*, **44**, 1036-1040, 1979.
16) Seideman, S. C., Z. L. Carpenter, G. C. Smith, C. W. Dill and C. Vanderzant : *J. Food Protec.*, **42**, 317-322, 1979.
17) Sørensen, S. P. L. : *Z. Physiol, Chem.*, **64**, 120, 1910.
18) Taylor, A. A. : *Meat World*, **5**, 3-6, 1972.
19) Taylor, A. A. and D. B. MacDougall : *J. Food Technol.*, **8**, 453-461, 1973.
20) Turner, E. W., W. D. Paynter, E. J. Montie, M. W. Bessert, G. M. Struck and F. C. Olson : *Food Technol.*, **8**, 326-329, 1954.