

지연냉각과 숙성기간이 돈육내 핵산물질변화와 맛에 미치는 영향

최용환* · 이민석 · 주선태 · 이 석 · 이준섭 · 홍원식 · 고경철** · 김병철
고려대학교 자연자원대학, *미원마니커(주), **축산물등급판정소

Effects of Delayed Chilling and Aging on the Contents of ATP-Related Compounds and Taste of Pork

Yong Hwan Choi*, Min Suk Rhee, Seon Tae Joo, Seok Lee,
Jun Seop Lee, Won Sik Hong, Kyung Chul Koh** and Byoung Chul Kim

College of Natural Resources, Korea University, *Miwon Maniker Co. Ltd.,
**Animal Product Grading Service

Abstract

Focusing on quality problems of delayed chilling porcine muscle, the effects of delayed chilling and aging on the contents of ATP-related compounds and taste of pork were investigated. Twelve Landrace pigs were employed and bisected: left sides were delay-chilled(DC) at room temperature(20 °C) for 3 hrs, whereas right sides were conventionally chilled(CC). ATP-related compounds tested were adenosine triphosphate(ATP) and its derivatives in pork muscle, inosine monophosphate(IMP), guanosine monophosphate(GMP) and L-glutamate in cooked broth. DC sides showed more rapid pH decline and degradation of nucleotides than did CC sides. The levels of ATP and adenosine monophosphate(AMP) were not changed significantly. However, adenosine diphosphate(ADP) and IMP showed the highest levels at the 1st and 5th day, respectively. Hypoxanthine(Hx) was gradually increased($p < 0.05$) during aging. During aging, the IMP contents cooked broth tended to decrease, while the GMP and L-glutamate contents increase. As a result of these, the taste score got better and finally the results of sensory evaluation became increased($p < 0.05$). However, compared to CC sides, DC sides did not seem to lower taste of pork.

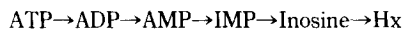
Key words: delayed chilling, aging, ATP-related compounds, nucleotide degradation, pork broth evaluation

서 론

일반적으로 육질은 품종, 성별, 연령 및 사육조건 등에 의해 영향을 받으며, 도살 전후의 처리 및 저장조건에 따라라도 그 차이가 있다고 알려져 왔다. 도살 후 육질에 영향을 미치는 요인으로는 사후강직이전 도체의 온도처리조건, 도체현수방법, 전기자극, 냉·온도제 가공 및 사후강직 후의 숙성조건 등이 있다. 강직 이전의 도체처리하는 고온과 저온처리로 나눌 수 있는데, 이런 온도처리가 고기의 연도에 미치는 효과에 대해서 많은 연구가 이루어졌고⁽¹⁻⁵⁾, 풍미의 변화나 맛에 미치는 영향에 대하여서도 많은 관심이 모아져 왔다.

한편, 고기의 맛과 관련이 있는 물질은 식육내 ATP가 분해되어 생성되는 5'-inosine monophosphate(IMP) 등 핵산물질들에 의해 생성된다고 알려져 있고⁽⁶⁾, 강직전

근육에는 미량의 adenosin diphosphate(ADP)와 adenosin monophosphate(AMP) 그리고 많은 농도의 adenosin triphosphate(ATP)가 함유되어 있으나 사후강직 후에는 다량의 5'-IMP와 미량의 ADP, ATP, AMP, inosine 및 hypoxanthine(Hx)이 함유되어 있다⁽⁷⁾. Terasaki 등⁽⁸⁾은 사후근육내 ATP의 분해경로는 다음과 같다고 하였다.



맛과 관련하여 핵산물질과 함께 식육내 아미노산에 관해서도 연구되어, 육단백질은 그 자체로는 별 맛이 없지만 식육내 효소와 미생물에 의하여 가수분해가 진행되면서 육단백질로부터 glutamic acid 등 23여종의 유리아미노산이 생성, 유출되어 맛과 방향성분이 증가한다고 보고되었고⁽⁹⁾, 정미력을 가진 핵산물질과 monosodium glutamate(MSG)와는 특이적인 “맛의 상승효과”가 있는 것으로 알려졌다⁽¹⁰⁾. 또 식육의 정미성분으로는 5'-IMP, 5'-guanosin monophosphate(GMP)와 5'-AMP가 지적되었고⁽¹¹⁾, 맛에 대한 아미노산과 핵산계 정미물질 사이의 상승효과에 관한 관계식이 보고되었다⁽¹²⁾.

Corresponding author: Byoung-Chul Kim, Department of Animal Science, Korea University, Anam-dong 5-1, Sungbuk-gu, Seoul 136-701, Korea

일반적으로 돼지도체는 사후대사속도가 빠르기 때문에 PSE육 발생빈도를 줄이기 위해 신속히 냉각하는 것이 원칙으로 알려져 있다⁶⁾. 그러나 실제 유통과정에서는 도축 후 냉각하지 않고 실온상태로 운송 또는 유통되는 일이 빈번한 실정이다.

따라서 본 연구는 돼지도체의 지연냉각에 의한 변화와 숙성 중 육내 핵산관련물질의 함량변화에 미치는 영향 및 핵산관련물질과 글루타민산 등 정미물질의 함량이 육의 조리시 맛에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 공시돈은 안면도 두산농장에서 사육된 랜드레이스 순종 12두로서 음성소재 제일농장 도축장에서 도살되었다. 도살 후 이분할하여 우도체는 즉시 냉장실(0~1°C)에서 냉각(정규냉각, CC)하였고, 좌도체는 20±3°C의 실내온도에서 3시간동안 지체한 후 냉각(지연냉각, DC)시켰다. 도체의 온도는 마지막 갈비부위 등심근에 온도계(Stoterm 7200, West Germany)를 직접 삽입하여 측정하였으며, 곧바로 같은 부위에 portable pH-meter(Knick Portamess Digital 651-2, West Germany)를 사용하여 pH를 측정하였다.

핵산물질

시료 약 5g을 채취하여 비닐로 싸 후 곧 바로 액체 질소에 침전시켜 보관하였다. Koh⁵⁾의 방법에 따라 액체 질소에서 시료를 꺼낸 즉시 유산지로 싸 다음 바로 유발로 옮겨 소량의 액체 질소를 부어가면서 막자로 갈아 분말로 만들었다. 분쇄 즉시 4g을 취하여 6% HClO₄(w/w) 13 ml(시료 1g당 3.25 ml)와 함께 균질(10,000 rpm, 1 min, Ace Homogenizer AM-8, Nissei Co., Japan)시킨 후 시료액을 모아 원심분리(2°C, 3,000×g, 10 min, Centrifon T-124, Kontron Co., Zurich, Switzerland)하였다. 상등액 5 ml를 채취하여 2 M KOH로써 pH 6.2~6.5로 조정된 후 ice bath에서 한 시간 동안 정치시켰다. 정치 후 여과(0.45 μm)하여 10 μl를 Hoffman과 Liao¹³⁾의 방법에 따라 HPLC(Waters, 730 Data module, 441 UV detector, 510 Pump, 712 WISP)에 주입하여 254 nm에서 UV Detector로 판독하였다. 이때 Column의 온도는 24~28°C, 유속은 분당 1 ml로 유지하였다.

L-glutamate

도축 후 24시간에 발골정형한 10~14번째 요추부위 등심근(*longissimus lumborum*)을 -70°C에서 약 1개월간 냉동보관하고, 해동(4°C, 24 hrs)시킨 후 7일간 숙성하면서 1, 3, 5, 7일에 실험하였다. L-glutamate의 정량분석은 Lindroth와 Mopper¹⁴⁾의 방법으로 분석하였다. 즉 완충 용액 A(0.05 M Na₂HPO₄, 0.05 M CH₃COONa, 3.5% Tetrahydrofuran, pH 7.0)와 B(CH₃OH : CH₃CN : H₂O=45 :

10 : 45)를 L-glutamate와 기타 아미노산들과의 분리를 용이하게 하기 위하여 처음 15분간은 A용액만 통액시켰고, 그 후 A용액과 B용액의 비율을 55 : 45로 조정해서 7분 동안 통액시킨 후, 다시 비율을 25 : 75로 재조정해 2분 동안 통액시켰으며, 그 후에는 B용액만을 통액시켰다. 유속은 분당 1.5 ml를 유지하였으며, 형광 detector로 분석하였다.

조리육수

시료의 준비는 寺崎¹⁵⁾의 방법을 변형하여 등심근을 잘게 썰어 20g을 취해 증류수 180g에 넣고 정제염 2g을 첨가한 후 약 10분 동안 끓인 국물을 여과지(Toyo No.2)로 걸러 순수한 조리육수만을 얻었다.

味度

山口¹²⁾의 방법에 따라 IMP, GMP 및 L-glutamate의 분석치를 아래식에 대입하여 미도를 구했다.

$$Y = u + [(p + 2.3q)/(p + q)] \times (1.218 \pm 0.057) \times 10^3 uv$$

Y: 혼합용액의 맛의 강도

u: L-glutamate의 농도(g/100 ml)

p: IMP와 GMP 혼합비율중 IMP의 비

q: IMP와 GMP 혼합비율중 GMP의 비

v: 핵산(IMP+GMP)의 농도(g/100 ml)

관능검사

관능검사는 관능검사 유경험자 10명을 선발하여 관능검사 방법을 숙지시키기 위해 4회의 훈련을 실시시킨 후 본 실험의 평가원으로 삼았다. 시료는 1회 8가지씩(온도처리 2×숙성기간 4) 제공하였는데, 한 시료의 평가가 끝나면 물로 입안을 헹군 뒤 1~2분이 지난 다음 다른 시료를 평가시켰다. 조사된 특성은 시료에서 느껴지는 고기 맛으로, 그 강도를 직선에 5등급(5 hedonic scale)으로 나누어 표시하도록 하였다.

결과 및 고찰

도체온도와 pH

사후도체를 지연냉각시켰을 때와 정규냉각시켰을 때 도체의 온도변화 및 pH변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 정규냉각은 급속한 온도저하와 완만한 pH감소를 보인 반면, 지연냉각의 경우 온도는 완만히 저하하며 pH는 급격히 강하하여, 두 처리구간의 온도는 전 측정시간에서 지연냉각이 높았고(p<0.05), pH는 사후 3시간과 12시간에 지연냉각이 유의적으로 낮았다(p<0.05). 지연냉각이 정규냉각보다 훨씬 빠른 최종 pH에 도달한 것은 높은 온도가 근육내에서 대사작용(glycolysis 포함)을 가속시킨다는 Cassens와 Newbold^{16,17)}의 보고와 도살 후 도체의 온도에 따라 pH 강하속도에는 큰 차이가 있다고 한 Bendall¹⁸⁾의 결과와도 같은 경향을 나타냈다.

숙성 중 핵산관련물질의 함량변화

숙성 중 근육내 ATP 및 그 분해물질들의 함량변화를 Table 1에 나타내었다. 숙성 7일 동안의 ATP함량에는 변화가 없는 것으로 나타났는데, 이는 ATP의 분해가 숙성 1일째 이미 끝났기 때문인 것으로 사료되며, ADP의 경우도 숙성 3일 이후로는 분해에 대한 유의적인 차이 ($p < 0.05$)가 나타나지 않았다. 그러나 AMP의 경우 정규냉각시킨 CC는 지연냉각시킨 DC에 비해 분해가 계속 진행되는 것으로 나타났는데, 이는 DC의 핵산관련물질

분해속도가 CC보다 빠른 것을 의미한다. 이같은 결과는 IMP와 Hx의 경우에도 나타나 마지막 분해물인 Hx 함량은 지연냉각이 정규냉각 보다 많았다.

한편 고기의 맛(呈味)과 관련이 깊은 것으로 알려진 IMP^(19,20)는 숙성 3일째 그 함량이 최고조에 달했는데, 이는 숙성 3일 까지 ADP와 AMP의 함량이 급속히 감소한 것에 기인한 것으로 생각되어지며, 그 후 Hx 함량이 증가됨에 따라 IMP함량은 감소하였다(Table 1). Bendall 등⁽⁷⁾은 강직전 근육에는 미량의 ADP와 AMP, 그리고 많은 농도의 ATP가 함유되어 있으나 사후강직 후에는 다량의 IMP와 미량의 ADP, ATP, AMP 및 Hx이 들어 있다고 보고하였고, 寺崎⁽²⁰⁾도 돈육에서 IMP함량이 3일째 가장 높았다고 보고하여 본 실험의 결과와 일치하였다. 이밖에 Watanabe 등⁽²¹⁾은 양고기를 이용한 실험에서 숙성기간에 따라 Inosine과 Hx는 점차 증가하였고, IMP는 도살 1일째 최고치까지 급속히 증가한 후 점차 감소하였으며, ATP와 ADP는 2일까지 감소한 반면 AMP는 저장 10일째 미세한 감소를 보인 것을 제외하고 전 숙성기간 동안 거의 변하지 않았다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 한편, Nakatani 등⁽²²⁾은 쇠고기의 숙성 6일 동안 Inosine함량이 증가하지 않았다고 하였는데 본 실험과 비교해볼 때 이는 축종에 따른 근육의 nucleoside phosphorylase 활성이 다른 것에 기인한 것으로 생각된다.

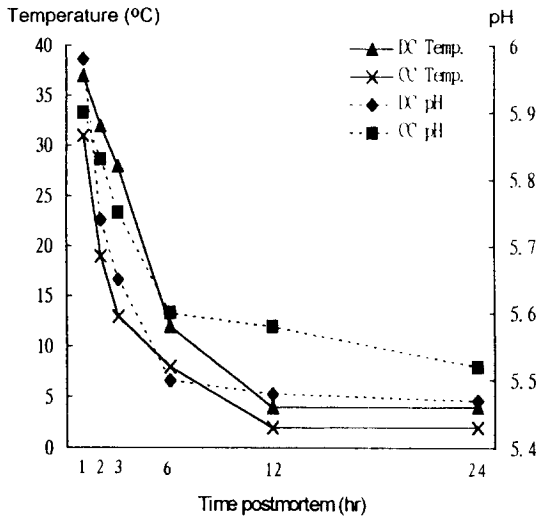


Fig. 1. Changes in post-mortem temperature and pH of pork loin

(DC: Delayed Chilling, CC: Conventional Chilling)

조리육수의 성분함량과 맛판별

조리육수의 IMP, GMP, L-glutamate 함량 및 미도 (broth taste score)를 Table 2에 나타내었다. 숙성기간이 길어짐에 따라 IMP는 감소하나 GMP와 L-glutamate는

Table 1. Effect of aging on ATP and its breakdown products of pork(μmole/g)

| Aging (day) | ATP | | ADP | | AMP | | IMP | | Hypoxanthine | |
|-------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | DC ¹⁾ | CC ²⁾ | DC | CC | DC | CC | DC | CC | DC | CC |
| 1 | 0.133 | 0.180 | 0.525 ^a | 0.489 ^a | 0.617 | 0.646 ^a | 3.572 ^{ab} | 3.584 ^a | 2.030 ^a | 1.551 ^a |
| 3 | 0.135 | 0.165 | 0.309 ^b | 0.326 ^b | 0.460 | 0.539 ^{ab} | 4.177 ^a | 3.914 ^a | 2.987 ^{ab} | 2.209 ^a |
| 5 | 0.164 | 0.154 | 0.320 ^b | 0.303 ^b | 0.431 | 0.494 ^{ab} | 3.066 ^{ab} | 3.275 ^{ab} | 3.718 ^{bc} | 3.128 ^b |
| 7 | 0.122 | 0.154 | 0.271 ^b | 0.269 ^b | 0.475 | 0.411 ^b | 2.452 ^b | 2.468 ^b | 4.084 ^c | 3.907 ^b |

^{a,b,c}Values with different superscripts in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾Delayed Chilling, ²⁾Conventional Chilling

Table 2. Effect of aging on the IMP, GMP, L-glutamate content and broth taste score of pork broth

| Aging (day) | IMP | | GMP | | L-glutamate | | BTS ¹⁾ | |
|-------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | DC ²⁾ | CC ³⁾ | DC | CC | DC | CC | DC | CC |
| 1 | 0.0169 ^a | 0.0169 ^a | 0.0097 ^a | 0.0097 ^a | 0.0002 ^a | 0.0002 ^a | 0.0101 ^a | 0.0116 ^a |
| 3 | 0.0144 ^b | 0.0154 ^{ab} | 0.0126 ^b | 0.0110 ^{ab} | 0.0006 ^a | 0.0005 ^a | 0.0319 ^a | 0.0144 ^a |
| 5 | 0.0120 ^c | 0.0139 ^{bc} | 0.0147 ^c | 0.0117 ^{bc} | 0.0011 ^b | 0.0008 ^b | 0.0627 ^b | 0.0461 ^b |
| 7 | 0.0114 ^c | 0.0129 ^c | 0.0154 ^c | 0.0137 ^c | 0.0015 ^c | 0.0012 ^c | 0.0870 ^c | 0.0688 ^c |

^{a,b,c}Values with different superscripts in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾Broth Taste Score, ²⁾Delayed Chilling, ³⁾Conventional Chilling

Table 3. Effect of aging on sensory broth evaluation of pork

| Aging(day) | DC ¹⁾ | CC ²⁾ |
|------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 2.55 ^a | 2.59 ^a |
| 3 | 2.83 ^b | 2.83 ^b |
| 5 | 3.22 ^c | 3.17 ^c |
| 7 | 3.48 ^d | 3.29 ^c |

^{a,b,c,d}Values with different superscripts in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾Delayed Chilling, ²⁾Conventional Chilling

증가추세를 보였는데, 조리육수내 IMP의 감소추세는 숙성육에서 IMP 함량의 감소추세(Table 1)와 일치하였다. 그러나 AMP가 nicotinamide adenine dinucleotide (NAD)관여 산화효소에 의하여 xanthylate(XMP)로 변환 후 아미노화가 일어나 생성되는 GMP는⁽⁹⁾ 생육내에는 극히 미량 밖에 존재하지 않는 것으로 알려지고 있는데^(19,20) 본 실험에서 조리육수내에 GMP함량이 증가한 것은 의외의 결과였으며, 이는 가열처리에 의하여 육내 잔여 핵산물질들(ATP, ADP 및 AMP)이 GMP증가에 영향을 미친 결과로 생각되어진다. 한편, L-glutamate는 숙성 3일까지는 크게 증가하지 않다가 숙성 5, 7일에는 유의적으로($p < 0.05$) 증가하였다.

분석된 IMP, GMP 및 L-glutamate의 함량을 맛의 강도에 대한 관계식⁽¹²⁾에 대입한 味度を 살펴보면, 숙성 3일까지는 유의적인 차이를 보이지 않다가 숙성 5, 7일에는 유의적인($p < 0.05$) 차이를 나타내었는데, GMP와 L-glutamate는 숙성 7일째에 최고치를 나타내었다. 또 숙성기간에 따른 조리육수의 관능검사 결과는 Table 3에서 보는 바와 같은데, 숙성기간에 따라 맛의 강도에 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 이는 Table 2의 미도의 결과와 같은 경향이였다. 조리육수에서 7일째 시료가 더 맛이 좋은 것은 숙성기간 중 육내 카텝신(Cathepsins)과 같은 효소의 작용과 미생물에 의해서 유리아미노산, 특히 L-glutamate 생성이 많아지기 때문인 것으로 사료된다. 鴻巢 등⁽¹⁰⁾은 정미력을 가진 핵산물질과 L-glutamate와는 특이적인 맛 상승효과가 있다고 하였고, 이것과 관련하여 아미노산류와 핵산계 정미물질에 의한 맛 상승효과는 L-glutamate, L-아스파라긴산나트륨을 제외한 다른 아미노산류에서는 확인되지 않았다고 하였다.

그러므로 위의 결과를 종합해 보면 지연냉각도체의 사후온도와 pH가 Fig. 1에서 나타난 것과 같이 정규냉각도체 보다 온도는 완만히 감소하고 pH는 급격히 떨어져 빠른 대사작용이 이루어져 숙성 또한 정규냉각에 비해 다소 빠르게 이루어 지는 것으로 보인다. 또한 숙성 중 조리육수의 성분함량과 관능적 검사의 결과 GMP와 L-glutamate의 함량증가에 따른 미도의 증가와 관능적 맛 강도의 상승에 같은 경향을 보여 적절한 숙성이 맛 판별에 효과를 나타냈다. 그러나 이상돈육발생으로 단백질 용해성이 낮아질 것으로 생각된 지연냉각(20°C, 3

hrs) 실험에서 맛의 저하는 크게 나타나지 않았다.

요 약

본 연구는 돼지 도축 후 실온에 방치 유통되는 돈육의 문제점을 알아보고자 지연냉각과 숙성기간이 육내 핵산 관련물질의 함량과 조리시 정미성분의 함량 및 고기의 맛에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 동일조건에서 사육된 랜드레이스 12두를 공시하여 도살 후 이분체한 다음, 좌도체는 20°C 내외의 실내온도에서 3시간 지연 시킨 후 냉장(1~2°C)하였고, 우도체는 같은 온도에서 곧바로 냉장하여 실험하였다. 지연냉각도체가 정규냉각도체 보다 빠른 pH 하강 경향과 대사작용을 나타냈는데, 숙성기간 중 두 경우 모두 ATP와 AMP는 큰 변화가 없었으나 ADP는 숙성 1일째, IMP는 숙성 3일째에 함량이 가장 높았으며, Hx는 숙성 전기간 동안 점차로 증가하였다($p < 0.05$). 조리육수내 IMP는 숙성기간이 지남에 따라 감소추세를 나타낸 반면 GMP와 L-glutamate는 증가추세를 보여 미도가 높아졌으며 관능검사 결과도 좋아지는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 그러나 사후 3시간 지연냉각시킨 본 실험에서 정규냉각에 비해 지연냉각은 정규냉각에 비해 맛에 좋지 않은 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

문 헌

- Kastner, C.L., Henrickson, R.L. and Morrison, R.D.: Characteristics of hot-boned bovine muscle. *J. Anim. Sci.*, **36**, 484 (1973)
- Will, P.A. and Henrickson, R.L.: The influence of delayed chilling and hot boning on tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.*, **41**, 1102 (1976)
- Locker, R.H. and Daines, G.J.: Tenderness in relation to the temperature of rigor onset in cold shortened beef. *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 193 (1976)
- Lochner, J.V., Kauffman, R.G. and Marsh, B.B.: Early post-mortem cooling rate and beef tenderness. *Meat Sci.*, **4**, 227 (1980)
- Koh, K.C., Bidner, T.D., McMillin, K.W. and Hill, G.M.: Effects of electrical stimulation and temperature on beef quality and tenderness. *Meat Sci.*, **21**, 189 (1987)
- 양 용, 양한철: 축산식품가공학, 보성문화사, p.347 (1987)
- Bendall, J.R. and Davey, C.L.: Ammonia liberation during inosine nucleotide of rabbit muscle. *Biochem. Biophys. Acta.*, **26**, 93 (1957).
- Terasaki, Kajikawa, M., Fujita, E. and Ishii, K.: Studies on the flavor of meats. Part 1. Formation and degradation of inosinic acids in meats. *Agric. Biol. Chem.*, **29**(3), 208 (1965)
- 清水洋一: 調味料その科學と製造, 高田亮平ら, 東京光生館, p.35 (1966)
- 鴻巢章二, 前田安彦, 藤田孝夫: かつお節だし中のイノシン酸および遊離アミノ酸の呈味効果について. 日本水産學會誌, **26**(1), 45 (1960)

11. 中島宣郎, 市川恒平, 鎌田政喜, 藤田榮一郎: 5'-리보스クレオチドの食品化學的研究, (第2報) 食品中の 5'-리보스クレオチドについて(その2)魚貝肉および食肉中の5'-리보스クレオチド, 日本農化學會誌, **35**(9), 803 (1961)
12. 山口靜子, 吉川知子, 池田眞吾, 二宮恒彦: 글타민酸메트리움と 5'-グアニル酸ナトリウムの呈味の相乗効果. 日本農化學會誌, **42**(6), 378 (1968)
13. Hoffman, N.E. and Liao, J.C.: Reversed phase high performance liquid chromatographic separation of nucleotides in the presence of solvophobic ions. *Analytical Chemistry*, **49**(14), 2231 (1977)
14. Lindroth, P. and Mopper, K.: High performance liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with o-phthalaldehyde. *Analytical Chemistry*, **51**(11), 1667 (1979)
15. 寺崎 衛: 畜肉の味とリボ타이드. 武田 리보뉴-스, **35**, 1 (1966)
16. Cassens, R.G. and Newbold, R.P.: Effect of temperature on postmortem meta-bolism in beef muscle. *J. Food Sci. Agric.*, **17**, 254 (1966)
17. Cassens, R.G. and Newbold, R.P.: Effect of temperature on the time course of rigor mortis in ox muscle. *J. Food Sci.*, **32**, 13 (1967)
18. Bendall, J.R.: Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses. *Meat Sci.*, **2**, 91 (1978)
19. 國中 明: 核酸關聯化合物の呈味作用に關する研究. 日本農化學會誌, **34**(6), 489 (1960)
20. 寺崎 衛: 畜肉中のイノシン酸の生成. 分解を中心として. 武田リボ타이드通信, **24**, 1 (1964)
21. Watanabe, A., Tsuneeishi, E. and Takimoto, Y.: Analysis of ATP and its break-down products in beef by reversed phase HPLC. *J. Food Sci.*, **54**(5), 1169 (1989)
22. Nakatani, Y., Fujita, T., Hori, Y., Otani, T., Kunita, Y., Sawa, S. and Sakai, S: Applicability of freshness for porcine and chicken muscle. *Agric. Biol. Chem.*, **52**(1), 107 (1988)

(1994년 12월 26일 접수)