G1230- 0855

최 종
연구보고서

돈육 수출증대를 위한 수퇘지고기의 웅취 신속 판별기술 개발

Development of the Boar-taint Detection Technology from Uncastrated Male Pigs to Promote Pork Export

연구기관
한국식품개발연구원

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “돈육수출 증대를 위한 수퇘지고기의 웅취 신속 판별기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 11. 30

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 유 익 종

연 구 원 : 박 우 문

연 구 원 : 전 기 홍

연 구 원 : 지 중 룡

연 구 원 : 김 윤 숙

연 구 원 : 최 성 유

연 구 원 : 이 희 애

연 구 원 : 김 현 수

위탁연구기관명 : 건 국 대 학 교

위탁연구책임자 : 김 창 한

요 약 문

Ⅰ. 제목

돈육 수출증대를 위한 수퇘지고기의 웅취 신속 판별기술 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구의 목적은 국내 웅취발현실태를 파악하고자 국내에서 생산되는 돈육을 시료로 하여 웅취관련성분의 화학적 분석과 관능적 분석을 실시하고 이들 분석법들을 비교 검토함으로서 도축현장에서 적용가능한 효과적인 웅취판별법을 개발하는 것을 연구의 최종 목적으로 한다.

수퇘지고기의 불쾌취인 웅취(boar-taint, boar-odor, boar-smell, 또는 boar taste)는 소비자들에 의하여 심한 거부감을 가져 돈육의 소비를 기피하게 하는 원인이 될 수 있으므로 효과적인 웅취판별법의 선택을 위한 기초자료를 마련하여 수퇘지고기의 웅취신속판별기술을 개발하는 데 본 연구의 중요성이 있다. 효과적인 웅취돈 판별법의 부재는 국내 돈육 소비 억제 및 대일 수출 부진의 이유가 되고 있다. 대부분의 국가에서는 도체의 웅취 발생을 방지하기 위하여 모든 어린 수퇘지에 거세를 행하게 되나 거세돈은 비거세돈에 비하여 성장률 감소로 인한 생산성 감소, 저급육 생산, 사료이용률 감소로 인해 상당한 경제적 손실이 보고되고 있다. 비거세돈 중 웅취로 인한 문제가 제시되는 것은 전체의 5 10% 수준이므로 만약 전체 수퇘지에 행하는 거세가 지양되고 대신 심한 웅취를 가지는 수퇘지를 효과적으로 구분하여 웅취를 감출 수 있는 가공제품에 이용한다면 바람직한 해결책이 될 것이다. 그러나 아직 국내외적으로 도축현장에서 적용할 효과적인 웅취돈 구별 방법이 제시되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내의 웅취발현 돈육의 실태를 파악하고 웅취관련성분의 분석법을 비교 검토함으로서 수퇘지고기의 웅취 신속판별기술을 효과적으로 개발하고자 한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. 돈육의 웅취관련성분의 검출법에 관한 문헌조사 및 측정기기에 관한 조사
2. 성별, 체중 등 웅취의 발생에 영향을 미치는 요인에 따른 등지방 중의 웅취관련성분함량과 관능검사에 의한 웅취발현빈도 조사
3. 국내 돈육시료의 종류별 skatole 및 indole함량 분포 조사
4. 암퇘지, 거세돈, 비거세돈 등 국내 돈육의 종류별 steroid물질의 함량분포 조사
5. 웅취관련물질인 skatol과 androstenone과의 관능검사와의 상관관계 조사
6. 거세돈과 웅취발현돈육의 지방산 분석 및 상관관계 조사
7. 웅취원인물질을 기존분석법인 스케톨의 HPLC법과 colorimetry법, 안드로스테논의 GC법과 ELISA법을 비교검토하여 그 정확도 및 현장적용시의 문제점 검토
8. 근적외선분광분석법(NIR)에 의한 웅취의 신속검사법개발 및 검정시험
9. 새로이 확립된 관능검사법의 웅취판별을 위한 현장적용시험
10. 웅취신속판별을 위한 냄새자동분석기기인 Aromascan의 적용방법확립 및 적용시험

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 국내 돈육시료의 skatole 및 indole 성분 분석

비거세돈의 등지방에서 분석된 skatole함량은 평균 0.174 ppm으로 암퇘지(0.049 ppm) 및 거세돈(0.061 ppm)과 유의적인 차이 ($P<0.05$)를 나타내었으며 최저 0.02 ppm, 최고 0.510 ppm의 광범위한 분포를 나타내었다. 전체 비거세돈의 52%는 0.05 ppm이하의 skatole 함량을 나타내었으며 기존의 웅취판별기준인 0.25 ppm 이상인 시료는 전체의 4.5%를 차지하였다. 국내 수퇘지 200두를 시료로 하여 등지방의 indole함량을 분석한 결과, 비거세돈은 평균 0.105 ppm으로 암퇘지(0.0185 ppm)나 거세돈(0.021 ppm)과 유의적인 차이($P<0.05$)를 나타

내었으며 최저 0.01 ppm, 최고 0.420 ppm의 광범위한 분포를 나타내었다. 전체 비거세돈의 63%는 0.05 ppm이하의 indole 함량을 나타내었으며 0.25 ppm 이상인 시료는 전체의 4.2%를 차지하였다.

2. 국내 돈육시료의 steroid 물질의 분석

웅취관련 steroid 물질은 5α-androst-16-en-3-one, 5α-androst-16-en-3α-ol 및 5α-androst-16-en-3β-ol 등이다. 비거세돈의 등지방에서 분석된 5α-androst-16-en-3-one함량은 평균 0.185 ppm으로 암퇘지(0.064 ppm)나 거세돈(0.054 ppm)과 유의적인 차이($P<0.05$)를 나타내었으며 최저 0.002 ppm, 최고 0.82 ppm의 광범위한 분포를 나타내었다. 전체 비거세돈의 30%는 0.10 ppm이하의 5α-androst-16-en-3-one함량을 나타내었으며 기존의 웅취판별기준인 0.50 ppm 이상인 시료는 전체의 5.6%를 차지하였다. 국내 수퇘지 200두를 시료로 하여 등지방의 5α-androst-16-en-3α-ol 및 5α-androst-16-en-3β-ol함량을 분석한 결과, 비거세돈은 암퇘지나 거세돈에 비하여 유의적인 차이를 나타내었으며 5α-androst-16-en-3β-ol은 최저 0.002 ppm, 최고 0.430 ppm의 분포를 나타내었으며 5α-androst-16-en-3α-ol은 최저 0.001 ppm, 최고 0.431 ppm의 분포를 나타내었다. 전체 비거세돈의 1.6%(5α-androst-16-en-3β-ol)와 2.4%(5α-androst-16-en-3α-ol) 만이 0.25 ppm이상의 함량을 나타내어 기여도의 불확실성과 함께 기준물질로서의 적용이 부적절하다고 판단되었다.

3. 웅취관련물질 분석과 관능검사 결과와의 상관관계

비거세돈 시료에서 웅취관련성분을 화학적 분석법으로 분석한 결과와 관능검사결과 사이의 관계를 회귀계수로 표시한 결과 가장 높은 상관관계를 보인 것은 관능평가에 의한 웅취강도와 androstenone함량과의 회귀계수(0.511)이었다. Skatole함량을 웅취강도에 비교하였을 때 두 값의 회귀계수는 0.410으로 androstenone보다는 다소 낮은 상관성을 나타내었다. 이 두물질과 관능검사와의 상관관계는 indole이나 다른 steroid 화합물들(5α-androst-16-en-3α-ol 또는 5α-androst-16-en-3β-ol)을 관능검사에 대비시킨 결과보다는 높은 상관성을 보여

주었다. 이는 기존연구에서 보고한 것에서 크게 벗어나지 않았으며 이러한 결과는 skatole과 androstenone이 개별적으로 웅취의 발생에 기여하는 것이 아니라 상호관계에 의하여 전체적으로 관능적 성질을 결정한다는 것을 의미하였다.

4. 거세돈과 웅취발현돈육의 지방산 비교분석

비거세돈 30두에 대한 웅취관련성분의 함량과 지방산 조성과의 관계를 검토하기 위하여 각 시료에 대한 지방산조성을 GC를 이용하여 측정하였을 때 시료 중의 각 지방산 조성은 달랐으나 가장 많은 조성비를 가진 것은 탄소수 18개에 이중결합 1개인 oleic acid로 평균조성비는 40.3%였다. 그 다음으로 높은 조성비를 가진 것은 탄소수 16개의 포화지방산인 palmitic acid로 평균 조성비는 22.42%였다. 각 지방산과 웅취의 발현과의 관계를 살펴보기 위하여 관능검사결과와 각 시료의 지방산 조성을 비교 검토한 결과 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다.

5. 기존 분석법을 이용한 웅취원인물질의 검사 및 웅취검사법의 정확도 검토

돈육의 웅취관련성분 분석법의 정확도를 검토하기 위하여 스케톨함량분석에 사용된 colorimetry법과 HPLC법 사이의 직선회귀분석 함수는 y = 0.47x + 0.029이었으며 상관계수 r값도 0.8875이었다. 한편, androstenone에 대해서는 GC법과 ELISA kit를 이용한 방법 사이의 직선회귀를 분석한 결과의 함수는 y = 1.34x - 0.0911이었으며 이때의 상관계수 r값은 0.9012로 나타났다. 이러한 결과로 스케톨 분석에 이용한 HPLC법과 colorimetry법 사이에 비교적 높은 상관관계가 성립함이 밝혀졌으며 andrstenone분석법인 GC법과 ELISA법 사이에는 더욱 높은 상관관계가 성립함이 밝혀졌다. 따라서 HPLC 또는 GC를 이용한 스케톨과 안드로스테논 분석 대신 비교적 간편한 colorimetry 혹은 ELISA 측정법을 사용하여 스케톨과 안드로스테논의 분석에 이용이 가능한 것으로 판단되었다. 그러나 colorimetry법으로 스케톨을 분석할 경우 측정기기가 고가(1일 2,000두 분석가능기기 1대당 21억원)이며 ELISA법으로 분석할 경우 kit의 가격이 고가(시료 1점당 약 1만원, 1일 2,000두 분석시 kit값만 2,000만원)이므로 현장 적용에는 문

제점이 될 것으로 밝혀졌다.

6. NIR(근적외선분광분석법)에 의한 웅취돈 검색방법의 개발 및 검증시험

기호도(Sensory)와 스케톨(Skatol) 및 안드로스테논(Androstenone)의 검량식을 구하고 이를 검증하기 위해 수집된 시료를 정량분석 범위에 고르게 분포하도록 두 개의 집단으로 나누어 하나는 검량식 작성을 위하여 사용하였고(Calibration Data Set) 그 나머지는 검증을 위해(Validation Data Set)사용하였으며 기본요소분석(Principle Component Analysis : PCA)을 중심으로 하는 부분최소제곱 회귀분석(Partial Least Square Regression)을 수행하여 최적의 모델을 선발하였다. 다중변형법에 의한 기호도와 스펙트럼과의 상관관계를 유도하였으며 부분최소제곱법을 사용하여 최대 10개의 모델(Factor) 중 예측치(MSECV)가 최소화되는 모델을 선발하였고 이때의 결과로서 상관도(R)는 0.9202이며 검량선 작성시의 오차(SEC)는 0.2673 으로써 이를 검증하였을 때의 검증상관도(Validation Relation:VR)는 0.933이었으며 실행시의 오차(Standard Error of Performance: SEP)는 0.140이었다. 스케톨과 스펙트럼과의 검량식과 검증식을 유도한 결과 상관도(R)는 0.9557이었으며 검량선 작성시의 오차(SEC)는 0.0464로써 이를 검증하였을 때 검증상관도(VR)는 0.992, 실행오차(SEP)는 0.206으로 나타났다. 안드로스테논과 스펙트럼과의 검량식을 유도한 결과 상관도(R)는 0.9592이었으며 검량선 작성시의 오차(SEC)는 0.1321로써 이를 검증하였을 때 검증상관도(VR)는 0.977, 실행오차(SEP)는 0.832로 나타났다. 이상의 결과로부터 근적외선분광분석법에 의한 웅취의 기호도, 스케톨 및 안드로스테논의 세 가지 성분을 동시에 분석할 수 있으므로 기존의 분석보다 신속하게 현장에서 판별할 수 있으리라 사료된다. 여기서 비닐백의 C-H 피크의 중첩을 고려하지 않았는데 이를 고려 C-H 피크가 없는 포장재를 사용하던가 아니면 포장재 없이 바로 측정하는 것이 바람직하리라 사료된다. 근적외선분광분석법에 의해 웅취를 판별할 경우 측정소요시간 1점당 30초 내외로서 적용성이 높으며, 소모성 경비는 극히 미미하여(전기료 정도) 분석장비도 1억원 내외로 저렴하여 현장 적용에 가장 유리한 검사법으로 판단되었다.

7. 새롭게 확립된 관능검사법의 웅취판별을 위한 현장적용시험

웅취를 판별할 수 있는 관능검사요원의 선발은 800ng의 안드로스테논 용액을 hedonic response 시험에 의하여 감지할 수 있는 요원으로 한정하여 선발하였고 돈육에 대한 관능검사시에는 4점 hedonic scale을 사용하여 3점 이상일 경우 웅취가 발현하는 것으로 구분하였다. 관능검사에 사용된 전기인두는 당 연구원에서 전기로서 온도조절이 가능하게 제작하였으며 160℃에서 4초간 돼지도체의 등지방에 적용하여 발생하는 냄새를 순간적으로 감지하도록 하였으며 100두에 대하여 관능검사와 함께 안드로스테논 함량을 측정한 결과 3점 이상의 웅취강도를 나타낸 시료는 9%이었으나 안드로스테논 분석결과에 의하면 0.5ppm 이상의 양성을 나타낸 시료수가 7%에 불과하여 2%의 차이를 나타내었다. 또한 웅취관능검사상 양성으로 판정된 9% 중에도 2%는 허위음성으로 나타났으며 따라서 허위양성이 4%이었다. 따라서 관능검사요원을 정밀히 선발하고 일정하게 훈련시켰다 하더라도 관능검사에 의한 웅취돈의 판별법을 현장에 적용하기 위해서는 50두 이상 다량의 시료에 대하여 검사할 경우에는 휴식시간을 충분히 가진 후 검사에 임해야 할 것으로 판단되었다. 본 연구에서 새롭게 확립된 관능검사법으로는 현장적용시 별도의 장치가 필요 없이 검사요원의 훈련만으로 적용이 가능하나 다량의 시료를 측정할 경우 기기를 사용한 검사법에 비해 정확도가 떨어질 것으로 판단되었다.

8. Aromascan을 이용한 웅취판별법 개발시험

반도체폴리머센서와 냄새 분자간의 흡착 및 탈착 반응을 모니터링하여 냄새에 대한 정보를 그래픽 및 디지틀화한 기계인 Aromascan(Model A32, 미국 Aromascan사)을 이용하여 웅취를 측정하고자 androstenone 0.5ppm 미만의 시료와 0.5ppm 이상의 시료를 각각 2 group으로 나누어 측정한 결과 서로 판별이 가능하였으며 측정조건은 돈육시료를 50℃에서 30분간 방치 후 측정 전후 reference time(안정화 시간)은 각각 30초, 120초, 측정 시간은 120초, sensor 세척 시간은 30초이었다. Aromascan에 의한 웅취검사법은 현장적용시 비교적 저렴한 기기비용 및 운전비용으로 경쟁력이 있으나 측정 시간이 1점당 5분 이상 소요되므로 현장적용시에는 불리한 검사법으로 판단되었다.

9. 활용에 관한 건의

본 연구결과 비거세웅취돈의 판별을 위하여 사용가능한 검사법은 기존측정법인 androstenone 측정을 위한 ELISA법, GC법 및 skatol 측정을 위한 HPLC법 및 colorimetry법 등을 들 수 있으며 본 연구에서 새롭게 개발 또는 확립된 검사법으로서는 근적외선분광분석기를 이용한 검사법, 냄새측정기기인 Aromascan을 이용한 측정법 및 기존의 관능검사법을 개선 및 새롭게 확립한 전기인두법을 들 수 있겠다. 그러나 현장에서 적용가능한 검사법으로서는 전기인두법 및 근적외선분광분석기를 이용한 검사법을 추천할 수 있겠다.

SUMMARY

I. Title

Development of the Boar-taint Detection Technology from Uncastrated Male Pigs to Promote Pork Export

II. Experimental Objectives

Objectives of this study were to disclose and investigate the actual situation of boar-taint revelation in national pig production industry, by using chemical analysis and sensory evaluation from nationally produced pig samples and to develop effective boar-taint detection method which can be used in slaughter-line.

The importance of this study is placed on the development of effective , rapid boar-taint detection technology to solve problems in pork producers such as rejection from consumers for pork with off flavor called boar-taint. Most countries perform the castration to young boars in spite of low productivity caused by low growth rate, less quality meat production, and lower feed conversion rate than uncastrated pigs. Occurrence of boar-taint is only 5% of total population. Therefore, separation boars with the strong off-flavor based on effective judging method may be the best solution besides castration whole population.

III. Experimental Contents

1. Investigation of literature and analyzing instrument for determination of boar-taint related compounds.
2. Backfat from different sex and weight of pigs was analyzed for their boar-taint related compounds by using sensory evaluation and chemical analysis to investigate the effects from boar-taint contributing factors.
3. Determination of skatole and indole contents of domestic entire male pigs, castrated pigs and gilts.
4. Determination of steroid compounds of domestic entire male pigs, castrated pigs and gilts.
5. Investigation of correlation between skatole, androstenone content and sensory scores.
6. Investigation of correlation between fatty acid composition and boar-taint in entire male pigs.
7. Comparison tests of HPLC method and colorimetry method for skatole analysis and GC method and ELISA method for androstenone analysis were performed.
8. Development of rapid testing method and validation for boar-taint detection technology using NIR spectrometry.
9. On-site application of modified sensory testing method using specific designed electric iron.
10. Application test of Aromascan which is automatic aroma detection instrument for boar-taint was performed.

IV. Experimental Results

1. Skatole and indole content analysis of korean boars

Mean skatole content of boars(0.174 ppm) was significantly different($p<0.05$) from guilts and castrated male pigs. Minimum value and maximum value were 0.02 and 0.510 ppm, respectively. Fifty-two% of total population had less than 0.05 ppm and only 4.5% of boars had more than 0.25 ppm which is standard level from previous study. Mean indole content of boars(0.105 ppm) was significantly different($p<0.05$) from guilts and castrated male pigs. Minimum value and maximum value were 0.01 and 0.420 ppm, respectively. 63% of total population had less than 0.05 ppm and only 4.2% of boars had more than 0.25 ppm.

2. Steroids compounds analysis of korean boars

Boar-taint relating steroid compounds are known as 5α-androst-16-ene-3-one, 5α-androst-16-ene-3α-ol and 5α-androst-16-ene-3β-ol. Mean 5α-androst-16-ene-3-one content of boars(0.185 ppm) was significantly higher($p<0.05$) than those of guilts and castrated male pigs. Minimum value and maximum value were 0.002 and 0.820 ppm, respectively. Thirty % of total population had less than 0.10 ppm and only 5.6% of boars had more than 0.50 ppm which is standard boar detection level from previous study. Mean 5α-Androst-16-ene-3α-ol and 5α-androst-16-ene-3β-ol of boars had significance from those of guilts and castrated male pigs. 1.6%(5α-androst-16-ene-3α-ol) and 2.4%(5α-androst-16-ene-3β-ol) of boars had more than 0.25 ppm.

3. Relationship between boar-taint contributors and sensory scores

Highest correlation coefficient from comparison of chemical

analysis and sensory evaluation were 0.511 of androstenone against sensory evaluation. Correlation coefficient from skatole against sensory scores was 0.410 which was lower than that from androstenone and sensory evaluation. However, those results were not far from the previous results. Those results were also higher than those from indole and 5α-androst-16-ene-3α-ol and 5α-androst-16-ene-3β-ol. Therefore, skatole and androstenone play a important role as a correlative boar-taint contributor.

4. Comparison of fatty acid composition between castrated pork and boar-taint pork.

Fatty acid composition and boar-taint related compounds in uncastrated male pork were determined to identify the relationship between the above two components. Although the fatty acid composition of the samples were different, the major fatty acid was oleic acid as average content 40.3%. The following majoring fatty acid was palmitic acid as average content 22.42%. There was no significant correlation between the fatty acid composition and boar-taint related compounds in the uncastrated male pork samples.

5. Determination for accuracy of different boar-taint test methods using already developed analytical methods.

Linear regression equation between HPLC method and colorimetry method for skatole analysis was y = 0.47x + 0.029 while correlation coefficient"r" was 0.8875. Linear regression equation between GC method and ELISA kit method for androstenone analysis was y = 1.34x - 0.0911

while correlation coefficient "r" was 0.9012.From there results, relatively high correlation between HPLC method and colorimetry method for skatole analysis was revealed while the higher correlation between GC method ELISA method for androstenone analysis was revealed. Therefore relatively convenient colorimetry and ELISA method could be able to used for analysis of skatole and androstenone instead of HPLC and GC method. However colorimetry method for skatole analysis need the test equipment which is relatively high cost(2.1 billon Won for 1 set has capacity for 2,000 sample analysis per day).

ELISA test kit for androstenone analysis also costs relatively high(10,000 Won for 1 sample, 20 million Won for 2,000 sample per day). Therefore the above two test methods was evaluated as relatively high-cost testing method for on-site application purpose.

6. Development and validation experiment of sorting-out method for boar-taint pork using NIR.

Correlation between sensory evaluation results and NIR spectrum was induced from multiple variant regression. From the above method, the correlation coefficient "R" was 0.9202, standard error of calibration was 0.2673, validation relation was 0.933 and standard error of performance was 0.140.

Calibration and validation curve between skatole contents and NIR spectrum were induced from multiple vainest regression. Correlation coefficient "r" was 0.9557, standard error of calibration was 0.0464, validation relation was 0.992 and standard error of performance was 0.206.

As a result of inducing calibration and validation curve between

androstenone contents and NIR spectrum, correlation coefficient was 0.9592, SER was 0.1321, VR was 0.997 and SEP was 0.832.

Through the above results, analysis method using NIR spectrometry could be able to used for test sensory quality, skatole and androstenone contents simultaneously and on-site of abattoirs. When the NIR spectrometry could be used at abattoirs, the determination time will be less than 30 seconds per sample and cost for test will be relatively negligible(equivalent to electricity expenses).

The testing equipment cost less than 100 million won. Therefore NIR spectrometry could be the most useful method for boar-taint detection.

7. On-site application experiment for boar-taint detection using newly modified sensory testing method.

Boar-taint evaluation sensory panelist was selected through the passing hedonic response test for androstenone solution equivalent to 800ng threshold value.

Electric heating device used to sensory evaluation was designed to controlled temperature at 160℃. To apply to pork carcass, 4 seconds operation at 160℃ was applied to pork back fat so that panelist could smell burned odor in a minute.

As a result of testing sensory and androstenone contents of the number of samples which has the higher 3 point boar-taint intensity was 9% while the number of the higher androstenone content the indicative level(0.5ppm) was 7%. Therefore the number of false positive was 2% and the number of false negative was also 2%. Although sensory panelist were carefully selected and precisely trained, the number of testing sample

must be limited to less than 50 samples at once. Sensory test has a advantage without preparing specific equipment but has low accuracy expecially testing more than 50 samples at once.

8.Experiment for development of boar-taint detection method using Aromascan.

Aromascan is designed by Aromascan Inc. in U. S. A. Aromascan is designed to graphic and digital the information of specific aroma monitored absorption and desorption reaction between aroma molecule and polymer sensor. We could differentiate the two groups which are the higher 0.5ppm androstenone content and the lower 0.5ppm androstenone content through Aromascan. Measurement conditions was as followed. Pork back fat sample was kept at 50℃ for 30 minutes, reference time before and after measurement was 30 seconds and 120 seconds respectively. Measurement time was 120 seconds and washing time for sensor was 30 seconds.

Although Aromascan had relatively low price of equipment and low operation cost, measuring time was more than 5 minutes per sample as relatively long time for on-site application.

V. Suggestions

As a result of this study, possible boar-taint detection methods are ready developed methods, ELISA method and GC method for androstenone and HPLC method and colorimetry method for skatole content.

Aside from above ready developed testing methods, NIR spectrometry and newly modified sensory testing method are recommended as a boar-taint detection system on-site abattoirs.

CONTENTS

목 차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 필요성

본 연구의 목적은 국내 웅취발현실태를 파악하고자 국내에서 생산되는 돈육을 시료로 하여 웅취관련성분의 화학적 분석과 관능적 분석을 실시하고 이들 분석법들을 비교 검토함으로서 도축현장에서 적용가능한 효과적인 웅취 판별법을 개발하는 것을 연구의 최종 목적으로 한다.

수퇘지고기의 불쾌취인 웅취(boar-taint, boar-odor, boar-smell, 또는 boar taste)는 소비자들에 의하여 심한 거부감을 가져 돈육의 소비를 기피하게 하는 원인이 될 수 있으므로 효과적인 웅취판별법의 선택을 위한 기초자료를 마련하여 수퇘지고기의 웅취신속판별기술을 개발하는 데 본 연구의 중요성이 있다. 효과적인 웅취돈 판별법의 부재는 국내 돈육 소비 억제 및 대일 수출 부진의 이유가 되고 있다. 대부분의 국가에서는 도체의 웅취 발생을 방지하기 위하여 모든 어린 수퇘지에 거세를 행하게 되나 거세돈은 비거세돈에 비하여 성장률 감소로 인한 생산성 감소, 저급육 생산, 사료이용률 감소로 인해 상당한 경제적 손실이 보고되고 있다. 비거세돈 중 웅취로 인한 문제가 제시되는 것은 전체의 5 10% 수준이므로 만약 전체 수퇘지에 행하는 거세가 지양되고 대신 심한 웅취를 가지는 수퇘지를 효과적으로 구분하여 웅취를 감출 수 있는 가공제품에 이용한다면 바람직한 해결책이 될 것이다. 그러나 아직 국내외적으로 도축현장에서 적용할 효과적인 웅취돈 구별 방법이 제시되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내의 웅취발현 돈육의 실태를 파악하고 웅취관련성분의 분석법을 비교 검토함으로서 수퇘지고기의 웅취 신속판별기술을 효과적으로 개발하고자 한다.

제 2 절 기존 연구성적 개요

1. 서 설

웅취(boar-taint, boar-odor, boar-smell, 또는 boar- taste)는 거세돈이나 암퇘지와 구별되어 거세하지 않은 수퇘지의 특정한 성질이며 웅취돈의 고기를 가열하였을 때는 특징적인 땀냄새나 오줌 냄새와 유사한 냄새를 가진다. Malmfors 등(1983)에 따르면 소비자들은 비거세돈이 가지는 웅취에 대한 반응에 많은 차이를 보여 일부의 소비자들은 이 냄새에 아주 민감하여 다른 사람들보다 웅취에 대하여 심한 거부감을 가져 돈육의 소비를 기피하게 하는 원인이 될 수 있다고 하였다. 이러한 이유에서 대부분의 국가에서 모든 어린 수퇘지는 거세를 행하게 된다. 그러나 거세돈은 비거세돈에 비하여 성장률이 10% 감소하여 생산성이 감소되고 고기의 품질도 비거세돈보다 9-20% 높은 지방함량을 가진 저등급 육을 생산하며 사료의 이용률도 약 10% 이상 낮아 이로 인해 상당한 생산성의 감소가 보고되고 있다(Landon, 1977). 정상체중을 가진 비거세돈 중에서 심한 웅취로 인한 문제가 제시되는 것은 전체의 5% 수준으로 보고되어 있다(Vahlun, 1993). 만약 전체 수퇘지에 행하는 거세가 지양되고 대신 심한 웅취를 가지는 수퇘지를 효과적으로 구분하여 웅취를 감출 수 있는 제품에 이용한다면 바람직한 해결책이 될 것이다. 그러나 아직 국내외적으로 도축현장에서 보다 효과적인 웅취돈 구별 방법은 제시되어 있지 않은 실정이다. 다만 덴마크에서 막대한 경비를 투자하여 돈육의 웅취생성물질의 하나로 알려진 skatole의 자동분석장치를 개발하여 skatole의 함량이 0.25 ppm 이하인 돼지도체는 신선육으로 그 이상인 것은 가공육으로 소비하고자 하는 노력이 이루어지고 있다(Vahlun, 1993). 그러나 이러한 시도는 다른 유럽국가들에 의하여 그 신빙성에 대한 이의 제기도 보고되고 있어 새로운 분석법의 개발이 필요하다.

2. 비거세돈 생산의 경제성

비거세돈이 도축되는 이유는 국가에 따라 다소 차이가 있겠으나 주로 전혀 거세가 행해진 바 없거나 또는 어떤 시점에서 거세가 중단되었기 때문이다. 그러나 거세를 실시하던 일부 국가에서도 상당한 기간동안 비거세돈을 도축,생산하는 것에 대한 가능성에 관심을 보여 왔다. 즉 번식목적으로 사용하는 수퇘지를 제외하고 나머지의 수퇘지는 정상적인 도살 중량에 도달하면 도살하는 것이다(Vahlun, 1993). 비거세돈을 전체적으로 생산하는 것에는 단점과 장점이 따르게 된다. 비거세돈을 전량 생산하는 것은 일부의 비거세돈에서 심한 웅취를 가지는 개체가 혼입될 우려가 있으므로 이러한 웅취육은 반드시 식별하여 제거할 필요와 함께 비거세돈이 거세돈보다 작은 뒷다리와 큰 어깨를 가지는 형태의 변화를 가져올 수 있다는 단점이 있다. 그러나 장점으로는 다음과 같은 것들이 있다(Vahlun, 1993).

가.정육량

비거세돈은 거세돈보다 평균 2.8% 정육율이 높다. 비거세돈의 정육율은 60% 이상인데 반하여 거세돈의 정육율은 약 58%이었다. 이러한 결과는 지방함량이 적고 경제성이 우수한 돈육의 생산을 가능하게 한다. 또한 소비자의 건강 면에서도 동물성 지방의 섭취가 감소하여 영양적으로 바람직하다.

나. 사료이용성

비거세돈은 거세돈보다 효율적인 사료이용성을 보여 거세돈보다 적은 사료의 소비로 도축중량에 이른다. 이러한 사료효율의 차이는 최소한 5%에 달하는 것으로 알려져 있어 양돈산업의 경제성에 막대한 영향을 미친다.

다. 성장율

Landon(1977)은 1977년 비거세돈의 성장이 712 g/일에 대하여 거세돈의 성장이 662g/일로 비거세돈이 10% 높은 생산성을 보여주었음을 보고하였다. 즉 10% 감소된 비용투자를 의미한다. Walstra(1974)에 의하면 수퇘지의 거세로 인한 생산성의 저하는 덴마크에서 발표된 자료에 따르면 Dkr.50/마리 정도이며 이는 총 사육두수로 계산하면 년간 막대한 손실을 의미한다고 하였다.

라. 동물의 복지

거세를 지양함으로써 얻을 수 있는 장점은 수퇘지가 거세하기 위한 수술과정에서 받는 스트레스를 줄일 수 있으며 그러한 영향으로 인한 질병의 위험이 감소된다.

Table 1과 2는 거세돈과 비거세돈의 사양 및 도체성적이 암퇘지를 대조구로 하여 조사된 것이다. Table 1은 축산시험장에서 돈군을 성별, 체중별로 도체의 성적을 조사한 것으로 비거세돈의 경제적 우수성을 입증하는 자료이다. Table 2에서 나타난 바와 같이 거세돈은 비거세돈보다 사료의 섭취량이 10-15% 많으나 성장률은 5-8% 낮고 등지방의 두께가 20-25% 두꺼워 경제성이 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 결과에서 볼 수 있듯이 비거세돈의 생산은 양돈산업에 경제적으로 많은 생산성의 증가를 의미한다. 그러나 전체 비거세돈을 생산하는데 있어 심각히 고려하여야 할 문제는 약 5%를 차지하는 심한 웅취를 가지는 돈군이다. 이들은 반드시 분리되어 신선육으로 판매되어 신선육으로 판매되는 도체에서 제거하여 향신료혼합 또는 기타가공처리의 과정으로 웅취를 감출 수 있는 가공육의 생산원료로 사용되어야 한다(Vahlun, 1993).

Table 1. Carcass quality and feeding based on sex and weight of pigs(Jung et al., 1987)

	Uncastrates		Castrates		Guilts	
	90Kg	110Kg	90Kg	110Kg	90Kg	110Kg
Daily gain(Kg)	0.71	0.75	0.72	0.75	0.66	0.70
Feed conversion	3.05	3.43	3.40	3.63	3.27	3.67
Carcass ratio(%)	71.1	71.9	71.5	71.9	71.2	73.2
Backfat depth(cm)	2.52	3.37	3.22	3.50	2.98	3.25
Fat production(Kg)	13.4	22.7	20.1	24.7	17.4	25.4
Lean meat ratio(%)	60.8	61.6	61.8	62.5	62.0	62.8
Lean meat production(Kg)	36.0	38.3	31.2	36.3	33.1	36.3

Table 2. Comparison of growth ratio, feed consumption, feed conversion and backfat depth between guilts, castrates and uncastrates(Choi, 1994)

Items	Castrates	Uncastrates	Guilts
Growth ratio	100	105-108	92-85
Feed consumption	100	92-95	92-95
Feed conversion	100	85-90	95-97
Backfat depth	100	75-80	85-90

3. 웅취의 원인물질

웅취란 고기를 가열하였을 때 발생되는 땀냄새나 오줌냄새 비슷한 역겨운 냄새를 말하며 지금까지의 연구결과 skatole과 androstenone이 주요 원인물질로 알려져 있다.

가. Androstenone

웅취(boar-taint)는 1936년 Lecher에 의하여 처음으로 조사되었다(Bjarno, 1980). 그후 1968년 mass spectrometer가 출현할 때까지 이 분야에 대한 연구는 거의 없었다. 그러나 1968년 Patterson(1968)은 mass spectrometry를 이용하여 그가 웅취의 주성분으로 믿고 있던 물질이 androstenone(5α-androst-16-en-3-one)이라는 것을 동정하였다. 그후 그는 웅취돈의 침샘에서 관련물질인 3α-hydroxy-5α-androst-16-ene를 동정하였으며 이를 바탕으로 이것이 고환에서 생성되는 일차 성호르몬(sex phermon)이며 잉여분은 androstenone이라는 산화된 형태로 지방조직에 저장된다는 가설을 제시하였다. 지방에 축적되는 양은 상당히 달라서 Andresen과 Bakke(1975)는 목등심에서 등심에 이르기까지 0.8에서 7㎍/g에 이르는 분포의 차이를 발견하였다. 한편, 다른 스테로이드 화합물들(15α-androst-16-en-3α-ol, 5α-androst-16-en-3β-ol)이 웅취와 관련된 것으로 알려졌으나 이들은 androstenone에 비하여 웅취기여물질로서의 상관관계가 더 낮은 것으로 밝혀졌다. 이들 물질의 구조는 Fig 1에 나타난 바와 같다. 이러한 스테로이드 물

질들은 섬유질사양이 실시된 웅취돈의 경우 100에서 130 kg로 성장하는 기간 중에 빠르게 증가하였으나 androstenol의 농도는 androstenone의 농도의 약 1/2이었다(Brennan 등, 1986).

Androstenone이 웅취의 주성분이라고 간주되는 것은 이 화합물이 웅취와 매우 유사한 냄새를 가지며, 지금까지 관능적인 검사에서 가장 높은 상관관계를 가지고 있다는 사실에 기인한다. 그러나 Malmfors 등(1983)이 실시한 관능검사에 의하여 측정된 androstenone과 웅취의 상관관계가 0.4에서 0.7로 그 차이가 크며 이러한 차이는 다음 세 가지의 원인으로 추정된다. 즉, 관능검사의 표준방법이 불확실하거나, androstenone의 측정방법이 부정확하거나 또는 androstenone 자체만으로는 웅취에 대한 정확한 지표물질이 될 수 없다는 사실이다. 대부분의 연구에서 관능검사요원들은 androstenone을 찾아내는 능력으로 선발되고 훈련되었다는 사실을 간과해서는 안된다. 그러나 이것과 비슷한 다른 물질이 위에 나타난 상관관계를 증가시키는데 기여하고 있을 수도 있어 웅취에 대한 androstenone의 중요성이 다소 과장되었을 수도 있었다. 일부 연구자들은 웅취에 기여하는 새로운 물질의 존재 가능성을 제시하였다.

나. Skatole

Skatole은 단백질이 소화되는 동안 대장에서 자연적으로 생산되며 아미노산의 하나인 tryptophan의 분해과정에서 생성된다. 이 화합물은 장으로부터 흡수되어 살코기와 지방조직에 축적되며 등지방의 skatole 축적은 현저하다. 보건위생상 이 화합물에 관련되는 위험성은 없다. 이 물질은 거세돈, 비거세돈, 암퇘지의 장에서 모두 생성되나 수퇘지 지방에의 축적이 특이하게 많다. Skatole의 구조는 Fig 2에 나타난 바와 같다. 1970년 Vold(1970)는 웅취돈의 지방에서 강한 냄새를 가지는 물질을 분리하였으며 이것이 skatole (3-methyl indole)이라고 제안하였다(Lundstrom 등, 1980; Bjarno, 1980). Hansson 등(1980)에 의한 연구는 웅취와 skatole의 함량 사이에 유의적인 관계가 존재한다는 것을 확인하여 웅취돈의 androstenone과 skatole의 함량사이에 유의적인 양의 상관관계가 있다고 보고하였다. Lundstrom 등(1984)은 등지

방을 시료로 한 관능검사요원에 의한 검사에서 skatole이 0.69의 상관관계가 성립되는 것에 반하여 5α-androst-16-en-3-one은 0.46의 상관관계를 보여 skatole보다 낮은 영향력을 가진다고 보고하였다. 이러한 결과는 Walstra 등(1986)에 의하여 발표된 것과도 일치한다. Mortensen 등(1986)은 웅취에 대한 skatole의 관련성을 확인하였지만 그들은 androstenone의 관련성은 고려하지 않고 단지 skatole의 농도만을 측정하였다.

4. 웅취 측정법

두 가지 부류의 방법이 웅취의 측정법으로 사용된다. 즉 직접적인 방법(관능검사법)과 간접적인 방법(크로마토그래피법, 면역학적 방법, colorimetry 및 mass-spectrometry를 이용한 방법) 등이다.

가. 관능검사법

표준물질을 이용한 관능검사법은 상당한 차이가 나기 쉬우나 다수의 관능검사요원을 사용하여 올바르게 실시하면 합리적인 우수한 방법이 된다. 그러나 이 방법은 도축현장에서 적용하기에는 유용하지 않으며 너무 노동력을 많이 필요로 하여 경제적이지 못한 단점을 가지고 있다. 직접적인 방법에는 전통적인 관능검사법과 전기인두법이 있으며 그 내용은 다음과 같다.

(1) 전통적인 방법

200℃의 오븐 안에 있는 유리 페트리디쉬에 베이컨 한 조각을 6-7분 방치한 후 8명의 숙달된 관능검사요원에 의하여 웅취정도를 채점한다(Lundstrom, 1984). 이 방법은 여러 가지로 응용되어 사용되어 hot plate위에 삼겹살 부위를 넣은 삼각플라스크를 놓고 가열이 진행되는 동안 여러 번 관능검사가 진행되기도 하고(Mortensen 등, 1986), Salton Hotray(상품명)에서 vial을 가열하여 사용하기도 한다(Brennan, 1986).

(2) 전기인두법(soldering bolt)

전기인두법은 Jarmoluk 등(1970)에 의하여 개발된 것으로 160℃의 항온을 유지하도록 특수제작된 끝부분을 가지는 전기인두가 이용된다. 먼저 전

기인두를 수초 동안 지방에 놓았다가 그후 검사자의 코끝에 가져가 냄새 맡는 방법으로 관능검사를 행한다. 이 방법은 전통적인 방법에 비하여 매우 빠르지만 사람의 후각은 쉽게 지치기 때문에 결과는 거의 믿을 만하지 못하다. 그러나 이 방법은 널리 퍼져서 심지어는 도축과정에서 웅취를 가지는 웅취돈을 분리하는 유용한 방법으로 주장되기도 하지만 그 정확성은 매우 낮은 것으로 추측된다.

나. 화학적 검사법

(1) Androstenone 검사법

모든 androstenone을 검출하는 방법은 추출, 분획 및 정제의 과정을 필요로 한다. 이는 W.D. Hubbard 등이 언급하였다(Bjarno, 1980). 일반적인 추출방법은 chloroform/ methanol로 추출한 후 균질화하고 물로 세척하여 여과하고 상 분리 후 수분층으로 세척한 후 용매를 증발시키는 것이다. 그러나 Andresen과 Bakke(1975)는 지방조직을 ethanol중에서 균질화 한 후 원심분리하고 아세톤과 드라이아이스로 냉각시킨 후 다시 원심분리하고 상층액을 분리하여 용액을 증발시키는 방법을 사용하기도 하였다. 크로마토그래피를 이용한 시도는 여러 분야에서 이루어져 있다. Thin layer chromatography(Claus, 1971), gas chromatography 및 HPLC를 이용한 것 등이 있다. 이러한 시험법은 그 정확도가 떨어져 방사능면역측정법(radioimmunoassay)으로 대체되었다. Mass spectrometry를 이용한 방법 또한 gas chromatography에 의하여 분리되므로 비슷한 단점을 가지고 있다. Radioimmunoassay를 간단하게 설명하면 분리 정제한 androstenone을 항원으로 하여 방사능 물질이 붙여진 항체와 결합하는 것으로 구성된다. 항원과 항체의 복합체를 분리한 후 남아 있는 방사능을 측정하여 androstenone의 농도를 계산한다. 이 방법은 예민하고 상당히 정확하지만 동위원소를 취급하는 실험실을 요구하는 실험실적 방법이다(Bjarno, 1980). 다른 하나의 면역학적인 방법은 동위원소 실험실의 필요성이 필연적이지 않은 방법으로 효소결합된 면역흡수물질을 이용하는 ELISA 방법이다. 원래 이 방법은 채취된 혈액 중의 간염 바이러스를 검출하기 위하여 개발된 방법이

지만 다른 감염원을 검출하기 위하여도 사용되었으며 androstenone의 측정을 위한 적용도 가능하다. 그러나 이 방법은 많은 값비싼 시약을 사용하고 도축현장에서는 적당하지 않으며 추출, 분리 및 정제 등 완전한 시료준비작업이 필요한 것이 단점으로 지적되고 있다(Bjarno, 1980). 이 외에도 Bjarno(1980)는 IR spectrometry의 투과성을 이용하여 도축현장에서 관찰된 spectral data를 웅취에 대한 관계를 가진 대응 data와 비교하여 그 이용성을 검토하기도 하였다.

Table 3은 각 실험에서 보고된 androstenone함량의 비교결과로서 가장 높은 androstenone의 함량은 Hansen-Moller(1994)가 사용한 시료에서 발견되었다. 일반적으로 관능검사자가 느끼는 androstenone의 threshold limit는 0.5 ppm으로 알려져 있다.

(2) Skatole 검사법

많은 방법들이 돼지의 등지방에서 skatole과 indole을 측정하기 위하여 사용되었다. G.C.를 이용하는 방법은 일반적으로 시간을 많이 소비되는 정제작업을 요구하는 단점을 가진다(Lundstrom 등, 1980; Hansson 등, 1980; Peleran and Bories, 1985; Porter 등, 1989). Hansson 등(1980)과 Lundstrom 등(1980)은 지방에서 동시에 증기증류와 추출되는 과정을 포함하는 추출과정으로 개선시켜 G.C.의 시료로 하였다. Peleran과 Bories(1985)는 GC-MS를 사용하여 등지방에 있는 indole과 skatole의 농도를 측정하였다.

10g의 지방이 용매추출된 후 메탄올에 녹여 시료로 하였다. 자외선 검출기를 이용하거나(Garcia-Regueiro 등, 1986; Garcia-Regueiro와Diaz, 1989), 형광검출기를 사용하여(Gibis, 1992; Dehnhard 등, 1993) HPLC로 분석한 방법이 사용되었으나 이 방법은 G.C의 예민성에 상응하지 못하였다. Garcia-Regueiro 등(1986)은 5g의 지방을 혼합하여 메탄올로 추출하였다. 추출액은 -20℃로 냉각하여 지방은 제거한 후 여과, 증발시켜 2 ml의 hexane/diethylether(60:40)에 녹인다. Florisil로 여과한 후 HPLC로 분석하였다. Lin 등(1991)은 이들의 방법을 보완하여 skatole과 indole을 분석하였다.

Table 3. Comparison of the concentrations of androstenone in entire male pig back fat samples obtained by methods from the literature(Hansen-Moller and Andresen, 1994)

Authors	Method (㎍/g)	Highest (㎍/g)	Lowest (㎍/g)	Average	n
Hansen-Moller(1994)	HPLC	7.67	<0.2	0.64±0.70	11
Garcia-Reguerio and Diaz(1989)	GC-MS	4.7	nd	1.29	15
De Brabander and Verbeke(1986)	GC-ECD	1.4	0.08	0.6 ±0.4	40
Bonneau(1987)	RIA	2.0	0.5	-	150
Bonneau & Sellier(1986)	RIA	-	-	1.65±0.34	330
Anderson & Bakke(1975)	RIA	7.31	0.78	-	6
Hansson et al.(1975)	RIA	-	-	0.63±0.68	83
Judge et al.(1990)	RIA	-	-	1.51±1.04	46
Lundstrom et al.(1988)	RIA	4.8	0.01	1.26±0.94	143

Mortensen과 Sorensen(1984)에 의하여 개발된 colorimetry를 이용한 방법은 skatole과 4-dimethyl-amino-benzaldehyde사이의 반응에 의하여 형성되는 화합물을spectrophotometer를 이용하여 측정하는 것에 기초를 두고 있다.덴마크의 Danish Meat Research Center에서 개발된 스케톨자동분석기는 이 원리를 사용하여 개발된 것으로 돼지 도체의 목부위에서 지방의 시료를 채취해서 자동으로 스케톨 함량을 분석하여 0.25ppm이상인 것을 양성반응체로 식별해 낸다(Vahlun, 1993). 이 방법은 시간당 200두의 도체를 도축장에서 검사할 수

있도록 한다(Vahlun, 1993). 그러나 이 반응은 skatole에만 국한된 것이 아니라 비슷한 화합물인 indole이 같이 검출되는 단점이 있다. 또한 최근 웅취돈의 효과적인 선별에 skatole의 함량만을 측정하는 것이 충분하지 않다고 반박하는 연구자들의 주장도 높아지고 있다.

Hansen-Moller(1994)는 androstenone, skatole 및 indole을 동시에 측정하는 방법을 보고하고 있다. 이 방법은 간단한 메탄올 추출 후 HPLC를 사용하여 실시되었으며 1회 분석의 소요시간은 15분 정도였다.

Table 4는 여러 연구자들에 의하여 보고된 결과를 요약한 것으로 덴마크의 시료에서 가장 높은 skatole 함량이 보고되었으며 가장 높은 indole함량은 독일(Dehnhard 등, 1993)의 실험결과에서 보고되었다.

Table 4. Comparison of the concentrations of indole and skatole obtained by the methods from literature(Hansen-Moller and Andersen, 1994)

Authors	Items	Highest	Lowest	Average	n
Hansen-Moller (1994)	Indole(㎍g/g)	0.716	<0.03	0.027	1162
	Skatole(㎍g/g)	1.90	<0.03	0.078	1162
	Ratio	9.9	0.3	2.3	384
Garcia-Reguerio and Diaz(1989)	Indole(㎍g/g)	0.16	0	0.084	15
	Skatole(㎍g/g)	0.186	0	0.101	15
	Ratio	3.2	0.4	1.4	15
Gibis 등(1991)	Indole(㎍g/g)	0.602	0.013	0.151	20
	Skatole(㎍g/g)	0.901	0.023	0.201	20
	Ratio	4.0	0.4	1.8	20
Dehnhard 등 (1993)	Indole(㎍g/g)	0.736	0	0.02	349
	Skatole(㎍g/g)	1.005	0	0.04	349
Porter 등 (1989)	Indole(㎍g/g)	0.057	0.012	0.029	14
	Skatole(㎍g/g)	0.177	0.019	0.046	14

Ratio = skatole/indole

결론적으로 수퇘지고기에 존재하는 웅취의 원인물질로 알려진 androstenone과 skatole 등은 직접적인 방법(관능검사법)과 간접적인 방법(크로마토그래피법, 면역학적 방법, colorimetry 및 mass-spectrometry방법) 등 여러 분석방법에 의하여 그 함량분석이 가능하며 분석된 자료는 관능검사와의 상관검사 실시 등으로 효과적인 검사법을 선택하는 것을 가능하게 한다. 이러한 검사법을 판별기술로 개발 현장적용함으로서 도축현장에서 웅취돈을 선별하고 소비자에게 거부감을 일으키는 비거세돈을 도축현장의 작업현장에서 분리 제거될 수 있도록 한다.

제 2 장 재료 및 방법

1. 공시재료

시료로 사용된 돼지는 Landrace종으로서 도축후 4℃에서 8시간 이상 냉각한 후 요추로부터 15㎝ 부위까지의 등지방을 채취하여 시료로 공시하였으며 S축산(경기도 이천소재), H주식회사(청원 소재) 및 D유통에서 27차례에 걸쳐 채취하였다. 부위별 시험에 공시한 시료의 경우에는 등심(*M. logissimus dorsi*)의 경우 늑골 11번째와 12번째 사이의 부분, 목등심(*M. trapezius cevicalis*), 등지방(adipose layer) 및 후지(*M. biceps femoris*)부위 등 4부위에서 각각 600g씩 취하여 시료로 공시하였다.

비거세돈, 거세돈 및 암퇘지로 구성된 시료로부터 채취된 등지방은 이물질을 제거한 후 마쇄하고 -18℃에서 저장하여 관능검사 및 분석의 시료로 사용하였다. 시험에 공시된 시료의 수는 총405두 이었다.

2. Androstenone과 skatole의 역가(threshold value) 측정

역가 측정은 여러 농도로 희석된 표준품을 관능검사요원에 의하여 실시하였다. 암퇘지의 등지방(1g)에 diethyl ether에 녹인 androstenone(10ng/㎕)을 50, 80, 100 및 200㎕첨가하여 0.5, 0.8, 1.0, 2.0ppm농도를 얻었다. 용매는 증발한 후 180℃의 sandbath에서 가열하여 관능검사요원에 의하여 일정하게 농도를 증가시키면서 최초로 웅취가 감지되는 시료를 선택하여 그 농도를 그 물질의 역가로 나타내는 방법으로 평가되었다. 같은 방법이 skatole의 역가를 측정하기 위하여 사용되었으나 1ng/㎕농도의 용액을 첨가하여 0.05, 0.100 및 0.200ppm 농도를 얻었다. 관능검사요원에 의한 역가측정결과 androstenone은 1ppm, skatole은 0.1ppm의 역가를 나타내었다(Table 5).

Table 5. Threshold values of boar-taint related compounds

Items	Threshold(㎍/g)
Skatole	0.100
5α-Androst-16-ene-3-one	1.000

3. 웅취성분의 분석법

가. HPLC와 GC를 이용한 웅취관련성분의 분석

1) 시료의 추출

마쇄된 시료 1.5g을 밀폐가능한 용기에 넣은 후 benzene 5ml, 10% methanolic KOH 7.5ml을 첨가하고 잘 흔들어 섞은 후 마개를 잘 닫아 80℃ waterbath에서 1시간 가열한다. 비누화된 시료는 실온으로 냉각시킨다(이때 과다한 냉각은 시료를 굳게 하므로 액체상태가 유지될 수 있는 한도로 냉각한다). 냉각된 시료에 methanol 10ml, water 7.5ml 및 20ml hexane을 가하여 강하게 흔든 후 5,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 비누화되지 않은 중성지방 부분을 추출하였다. 위층의 맑은 부분은 수기로 옮겨 30℃에서 감압증발하여 건조하였다.

2) 시료의 정제

추출된 시료는 Florisil column을 사용하여 정제되었다. 칼럼제조를 위하여 sodium sulfate 0.5cm, Florisil 5cm, sodium sulfate 1cm를 disposable syringe(25 ml용량)에 충전한다. Florisil은 120℃에서 24시간 방치하여 활성화한 것을 사용하였다. 칼럼의 예비세척은 시료 주입전에 20ml hexane으로 실시하였다. 시료는 hexane: diethylether (8:2) 2ml에 녹인 후 칼럼에 주입되었다. 시료는 두개의 분획으로 용출되었다. 첫번째 분획은 hexane : diethylether(8:2) 20ml를 칼럼에 흘리면서 모아진 부분을 취하였고 두번째 분획은 methylenechloride 10ml를 흘려 극성의 변화를 최소화한 후 methylene chloride: methanol (2:1) 20ml을 흘려 모아진 부분을 취하였다. Skatole과

indole은 첫째 분획에 존재하며 5αAn, 5αAn3α 및 5αAn3β는 두번째분획에 존재한다. 양 분취시료는 감압건조하여 400㎕의 methanol (첫번째 분획)로 녹여 HPLC분석의 시료로 하였으며 두번째 분획은 200㎕의 hexane에 녹여 GC분석의 시료로 하였다.

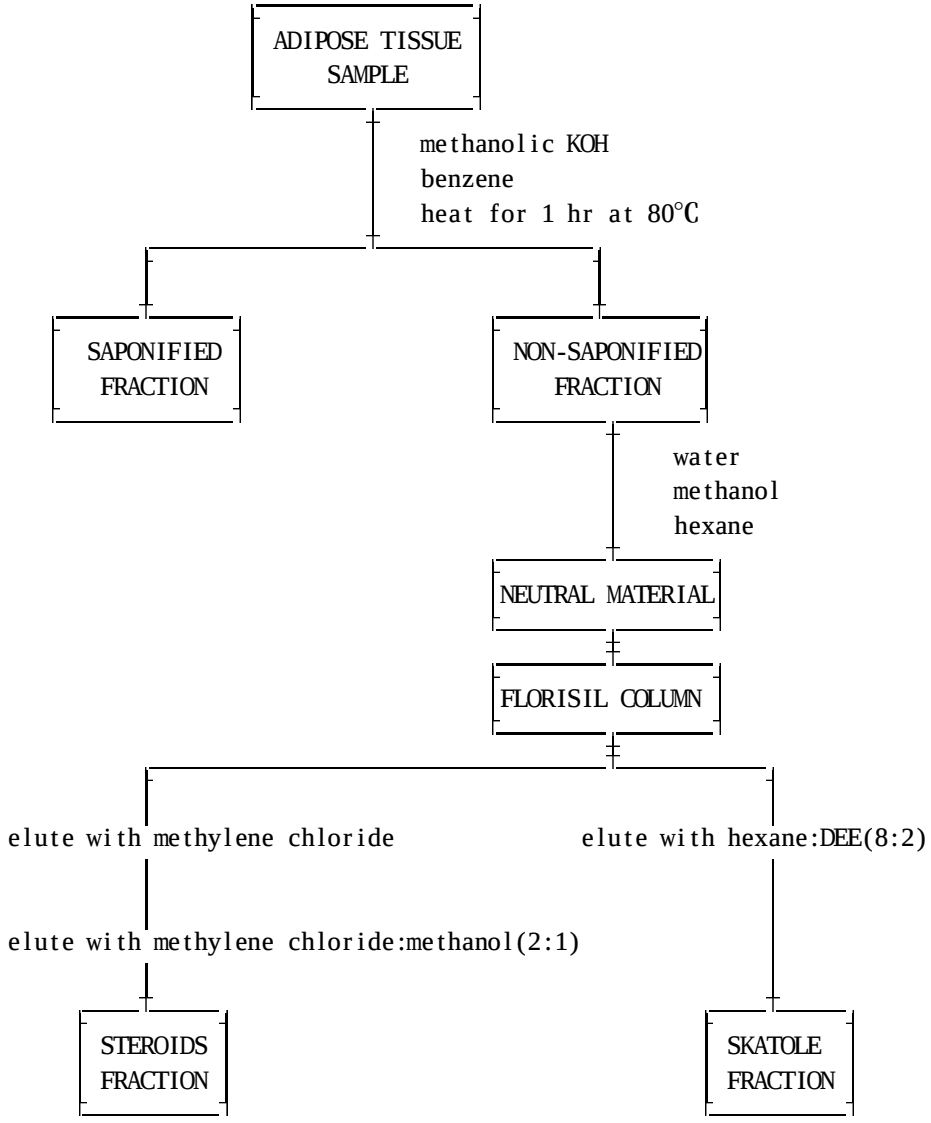

Fig. 1. Scheme of isolating skatole and androstenone fraction.

3) 시료의 분석

Skatole과 indole을 포함하는 첫번째 분획은 HPLC를 사용하여 분석되었다. 분석조건은 Table 6과 같다. 시료주입량은 20㎕였으며 Rheodyne loop injector가 연결된 YoungIn Model 810 solvent delivery system(영인과학)에 주입하였다. Skatole과 indole의 함량은 YoungIn Model 720 UV detector를 225㎚에 고정하여 측정하였다. column은 C18 bonded coulmn (250× 4㎜)이 사용되었으며 이동상으로 methanol:water(60:40)을 이용하여 화합물을 분리하였다. Flow rate는 1.0 ml/min 이었으며 검출기의 감도는 0.02 AUFS(Absorbance units full scale)이었다

Table 6. HPLC conditions for skatole and indole analysis of pig backfat.

Pump	Model 910 (YoungIn)
Column	C18 bonded column (250× 4㎜)
Solvent	Methanol:water = 6:4(v/v)
Flow rate	1.0ml/min
Detector	UV detector, YoungIn M 720 (at 225nm)
Integrator	D 520B(YoungIn)
Injector	Rheodyne loop injector
Inject amount	20㎕

5α-An, 5α-An-3α 및 5α-An-3β를 포함하는 두번째 분획은 GC를 이용하여 분석하였다. 분석에 사용된 조건은 Table 7과 같다. Flame ionized detector가 장치된 YoungIn Model 580 gas chromatograph(영인과학)가 사용되었다. Capillary column SPB-1 (30m(L) × 0.25㎜(ID), FT 0.25㎛)이 사용되었다. 기체의 flow rate는 hydrogen, 30ml/min; air, 300ml/min; helium(carrier gas), 30ml/min 이었다. 온도조건은 detector 290℃, 주입구 280℃였으며 오븐의 온도는 초기 150℃에서 5분간 지체한 후 5℃/min의 속도로 280℃까지 상승한 후 8분간 그 온도를 지속하였다.

Table 7. GC conditions for 5αAn, 5αAn3α and 5αAn3β analysis of back fat from pig.

Instrument	YoungIn GC 580
Detector	FID
Column	SPB-1 (30m(L) × 0.25mm(ID), FT 0.25㎛)
Oven	Initial temp. 150℃
	Initial time 5 min
	Initial rate 5℃/min
	Final temp. 280℃
	Final time 8 min
Injector temp.	280℃
Detector temp.	290℃
Split ratio	30:1

4) 회수율 평가

시료의 회수율은 다섯 개의 암퇘지 등지방 시료에 표준품을 첨가하여 평가되었다. 암퇘지의 등지방(1g)에 diethyl ether에 녹인 androstenone (10ng/㎕)을 50, 100㎕첨가하여 0.5, 1.0 ppm농도를 얻었다. Skatole은 1 ng/㎕농도의 용액을 첨가하여 0.10 ppm 농도를 얻었다. Androstenol(5αAn3α 및 5αAn3β)은 0.5ppm농도를 얻었으며 indole은 0.10 ppm 농도를 얻었다. Androstenone과 androstenol(5αAn3α 및 5αAn3β) 및 skatole과 indole은 Sigma(미국) 제품을 이용하였다. Hexane, diethylether, methanol 등은 특급 시약을 사용하였으며 Florisil(mesh 30-60)은 Sigma(미국) 제품을 사용하였다. HPLC 분석에 사용된 용매는 Mallinckrodt Specialty Chemicals사(Paris, Kentucky, U.S.A)의 HPLC급을 사용하였다.

4. 비색법(colorimetry)에 의한 skatole의 정량분석

Acetone/TRIS-HCL buffer 5.0㎖에 시료 등지방 약 500㎎을 넣고

homogenizer(Ultra-Turrax T-25, Janke & Kunkel IKA®Labotechnik)로 균질한 후 여과하였다. 여과액 1㎖에 1.42㎖의 DMAB(Dimethylaminobenzaldehyde) 시약을 첨가하였다. DMAB시약은 75% ethanol과 sulphuric acid를 60 : 40(v/v)으로 혼합하고 이 혼합액 1000㎖에 DMAB 10g을 녹여 만들었고, 사용전에 15mmHg의 vacuum을 시약에 15분 동안 사용하여 gas를 제거하였다. 180초 후 실온에서 시료액 2㎖를 Jasco spectrometer(UVIDEC-610, Japan)을 사용하여 460 730㎚에서 흡광도를 측정하였다. 580㎚에서의 흡광도는 skatole standard curve를 알기 위하여 측정하였고 이 결과를 skatole equivalents로 하였다 (Mortensen and Sørensen, 1984).

5. ELISA법에 의한 androstenone의 정량

시료의 androstenone 정량은 Riedel-dehaen사의 ELISA-System(Cat. No. 45198)을 사용하여 정량하였다.

지방조직 1g을 곱게 갈아 vial에 넣고 microwave oven에서 약 3분간 가열하였다. 이때 정량의 androstenone을 포함하는 지방표준물질도 60℃의 waterbath에서 가열하여 액화시키고 여기서 25㎕의 용융지방을 취하여 vial에 옮긴 후 0.5㎖의 methanol을 첨가해 50 55℃의 waterbath에 뚜껑을 단단히 잠근 시료가 담긴 vial을 넣고 3분간 vortex를 이용하여 교반하면서 지방을 추출하였다. 여기서 추출된 지방시료는 실온으로 냉각하여 상층액을 50㎕ 취하여 0.5㎖의 sample standard buffer solution으로 희석하였다.

표준용액과 시료를 각각 100㎕씩 취하여 androstenone항체가 코팅된 well에 채우고 androstenone-POD conjugate를 각 well에 50㎕를 첨가한 후 실온에서 반응시켰다. 피펫 tip을 이용하여 well을 비운후 washing solution 250㎕를 이용해 3번 세척하였으며 이때 이 washing solution은 피펫 tip을 이용하여 제거하고 흡수용 실험실 수건에 강하게 쳐서 남은 액체를 제거하였다. 각 well에 chromogen TMB(tetramethylbenzidine)과 substrate를 잘 혼합한 용액을 150㎕씩 분주한 후 실온에서 30분간 방치하여 푸른색이 나타나면 100㎕의 stopping

solution을 첨가해 반응을 종결시킨 후 450㎚에서 흡광도(Molecular Devices, THERMOmax)를 측정하였다. 0점조정은 공기에 대하여 실시하였으며 흡광도 측정은 반응을 종결시킨 후 60분안에 실시하였다. 시료의 androstenone정량은 표준물질에 대한 standard curve에 대응시켜 측정되었다.

6. 근적외선분광분석(NIR)을 이용한 웅취돈과 비웅취돈의 검색

가. 근적외선스펙트럼획득

근적외선 분광기는 NIRS 6500(NIRSystem, Ins. U.S.A.)을 이용 돼지 등지방 시료를 비닐백에 넣어 진공포장한 것을 바로 측정하기 위해 수평시료 장치를 본체에 부착하여 등 부위 쪽으로 시료의 스펙트럼을 400㎚에서 2500㎚까지의 파장영역 스펙트럼을 얻었다. 얻어진 스펙트럼은 단색화된 광이 연속적으로 시료에 반사되고 이 반사된 변환에너지는 실리콘(Si) 및 황화납(PbS) 검출기에 검출된 반사도(R:reflectance)를 지수함수에 반비례하는 흡광도(log 1/R:absorbance)로 바꾸어 컴퓨터에 보낸다. 이때 매 시료마다 전대역을 32회 반복 측정하여 평균치를 냄으로써 보다 정확하고 재현성있는 스펙트럼을 얻는다.

나. 검량식의 작성 및 검증

기호도(Sensory)와 스케톨(Skatol) 및 안드로스테논(Androstenone)의 검량식을 구하고 이를 검증하기 위해 수집된 시료를 정량분석 범위에 고르게 분포하도록 두 개의 집단으로 나누어 하나는 검량식 작성을 위하여 사용하였고(Calibration Data Set) 그 나머지는 검증을 위해(Validation Data Set) 사용하였다. 기호도는 일반적으로 사람이 느끼는 전체적인 성적이므로 여러 성분의 복합적인 요인이라고 생각되어지며 이의 주요인자들은 상당히 많을 것이므로 이를 모두 반영하기 위해서는 파장의 전영역을 사용하여 이의 가능한 모든 인자를 수용하여 분석할 수 있는 다중변형법(Multiple Variant Regression)을 이용 분석할 수 있는데 이때 시료의 표면 거칠기가 달라 산란의 효과가 틀려져 생기는 흡광도의 차이뿐 아니라 시료의 두께에 따른 기준선의 변위 등을

최소화하고 성분 피크간의 중첩으로부터 분리하기 위하여 미분 처리된 스펙트럼을 가지고 기본요소분석(Principal Component Analysis:PCA)을 중심으로 하는 부분최소제곱 회귀분석(Partial Least Square :PLS Regression)을 수행하여 10개의 구하여진 검량모델중 최적의 모델을 선발하였다. 스케톨 및 안드로스테논은 지방의 일종으로서 이에 관여하는 주피크는 주로 C-H 대역으로 여겨지나 근적외선의 분자진동학(Chemometrics)에 기인하는 C-H 관련 피크는 어느 한 영역에서만 나타나는 것이 아니라 특정영역에 연속적으로 나타나 결합대에서부터 수차의 배음대까지의 대역을 측정하여야 정확한 측정이 가능할 뿐 아니라 C-H 피크는 인접한 N-H 와 O-H 등의 관능기의 영향으로 그 에너지가 상승하거나 감소하기도 하므로 다량의 C-H 함유 물질외는 이의 영향을 배제하기가 어렵다. 이를 적절히 해석하기 위해서는 여러 파장 대역을 사용하여 부분최소제곱법을 수행 최적검량식을 유도하였다. 이렇게 작성되어진 검량식은 별도의 검증 시료를 통하여 검증하였는데 일반적으로 파장의 수 및 부분최소제곱의 모델 수가 증가할수록 상관도(Relation:R)가 증가하고 검량선 작성시 오차(Standard Error of Calibration:SEC)는 감소하나 이를 검증을 하여보면 어느 점에서는 실행시오차(Standard Error of Performance)는 증가하게 된다. 그러므로 검량선 작성시오차와 실행시오차를 동일한 정도로 선발 사용하였다.

7. 시료의 관능평가

마쇄한 냉동지방은 실온에서 해동하고 약 1 g을 취하여 10㎖용량의 vial (16.4㎜ × 6 ㎝)에 넣어 silicon layer가 들어 있는 마개를 씌웠다. 시료는 180℃로 가열된 sand bath에서 갈색으로 변하기 직전까지 가열한 후 관능검사요원에 의하여 웅취의 강도가 평가되었다. 관능평가요원으로는 한국식품개발연구원의 직원 중에서 웅취에 대한 민감도가 우수한 10명을 선발하여 모든 관능평가를 실시하였다. 관능평가요원은 3명의 남자와 7명의 여자로 구성하였다. 시료는 웅취의 강도에 따라 0에서 4점의 5단계로 평가되었으며 0 = 웅취가 전혀 없음, 1 = 웅취가 약간 느껴진다, 2 = 웅취를 느낄 수 있다, 3 =

웅취가 약간 심하다, 4 = 웅취가 매우 심하다 등이었다. 실험에 사용된 평가 용지는 Figure 2와 같다. 실험의 모든 결과는 SAS의 ANOVA프로그램을 이용하여 유의성을 검정하였다.

SMELLING TEST

FOR BOAR-TAINT(웅취)

Name _____ Date _____

귀하 앞에는 여섯개의 시료가 있습니다. 준비대의 왼쪽시료로 부터 차례로 냄새를 평가하십시오. 시료번호를 기입한 후 boar-taint가 느껴지는 정도를 아래의 점수로 기록하십시오. 감사합니다.

0 = 웅취가 전혀 없다.
1 = 웅취가 약간 느껴진다.
2 = 웅취를 확실히 느낄 수 있다.
3 = 웅취가 약간 심하다.
4 = 웅취가 아주 심하다.

시료번호	점수
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

제 3 장 결과 및 고찰

제 1 절 국내 돈육시료의 skatole 및 indole 성분 분석

국내에서 생산되는 200두의 돼지도체의 등지방중의 skatole함량분석으로 얻은 결과는 Table 8에 나타난 바와 같다. 등지방 중의 skatole 함량을 보면 암퇘지와 거세돈으로부터 분석된 시료의 함량(암퇘지 0.049 ㎍/g, 거세돈 0.061㎍/g)사이에서는 유의적인 차이(P<0.05)를 보이고 있지 않으나 이들과 비거세돈에서 얻은 시료의 skatole함량(0.174㎍/g)과는 유의적인 차이(p<0.05)를 보이고 있다. 이 결과는 아미노산인 tryptophan의 장내 분해물인 skatole이 생성경로는 확실히 밝혀져 있지 않으나 비거세한 수퇘지의 피하지방에 선택적으로 축적된다는 사실을 입증하고 있다. 도체중별 skatole함량에서는 암퇘지에서는 도체중 80kg이상 도체와 80kg이하 도체사이의 함량에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 거세돈에서는 80kg이상 도체의 평균 skatole함량이 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 비거세돈에서는 체중간의 함량에는 체중이 증가할수록 skatole의 함량도 증가하였으나 도체중간의 함량은 유의적인 차이을 보이지 않았다. 그러나 70kg이하의 시료군과 70kg 이상의 시료군 사이에서는 유의성을 보이고 있어 돼지에서 체중의 증가가 이들 물질의 축적과 생성에 영향을 미치고 있음을 나타내고 있다. Skatole함량에 있어서 각 성별 도체간의 최저치와 최고치에서는 암퇘지가 0.02에서 0.09의 좁은 분포를 보이며 거세 수퇘지가 0.005에서 0.205의 넓은 분포를 보였다. 비거세돈에서는 0.02에서 0.510의 가장 광범위한 분포를 나타내고 있으며 비거세돈 시료의 skatole함량 분포를 나타낸 결과는 Figure 3에 나타내었다. 160두 비거세돈의 52%이상이 0.00에서 0.05ppm의 함량을 보였으며 0.05에서 0.15ppm의 함량을 보인 시료는 전체 비거세돈의 33% 였으며 0.25ppm이상의 skatole함

량을 보인 시료는 4.5%에 불과하였다. 이는 기존 문헌에 제시된 바와 같이 0.25ppm을 비거세돈에서 웅취돈을 판정하는 기준으로 보았을 때 전체 비거세돈 시료의 4.5%가 웅취돈이라는 판정근거가 되고 있다.

Table 8. Mean and standard deviation of skatole concentration(㎍/g) in backfat of 200 pig carcasses

Sex	Mean Weight(kg) ±S.D.(N)	Skatole concentration(㎍/g)		
		Mean ± S.D.	Min.value	Max.value
Female	82.09±2.71(20)	0.049±0.022x	0.02	0.090
	78.13±1.82(11)	0.045±0.019a	0.02	0.089
	86.06±3.61(9)	0.054±0.026a	0.02	0.090
Male (castrated)	80.93±2.84(20)	0.061±0.045x	0.005	0.205
	77.07±2.83(7)	0.041±0.031a	0.005	0.091
	84.80±2.84(13)	0.082±0.059b	0.009	0.205
Male (uncastrated)	81.44±2.57(160)	0.174±0.125y	0.011	0.510
	54.12±3.09(9)	0.159±0.028a	0.011	0.188
	66.23±2.85(32)	0.171±0.069a	0.012	0.310
	76.23±1.24(44)	0.182±0.101ab	0.009	0.450
	85.54±2.23(35)	0.180±0.074ab	0.008	0.320
	99.45±3.45(40)	0.184±0.128ab	0.002	0.510

N= Number of samples analysed

a,b Means with different letters are significantly different($p<0.05$)

x,y Means with different letters are significantly different($p<0.05$)

국내에서 생산되는 돼지중 암퇘지 20두, 거세 수퇘지 20두를 대조구로 사용하고 160두의 비거세 수퇘지를 시료로 사용하여 그 등지방중의 indole함량을 분석하여 얻은 결과는 Table 9에 나타난 바와 같다. 암퇘지와 거세돈으로부터 분석된 시료의 indole함량은 암퇘지가 0.0185 ㎍/g, 거세돈이 0.0210 ㎍/g으로 이들 성별간의 유의적인 차이(P<0.05)를 보이고 있지 않다. 비거세돈에서 얻은 시료의 indole함량(0.105 ㎍/g)은 대조구로 사용된 암퇘지나 거세돈에서 얻은 분석결과와 유의적인 차이(p<0.05)를 보이고 있어 tryptophan의 장내 분해물인 skatole과 함께 indole도 비거세한 수퇘지의 피하지방에 선택적으로 축적된다고 입증되었다. 전체 비거세돈에서 skatole / indole의 생성비율은 1.79로 나타나 Gibis 등(1991)이 보고한 비율과 유사한 것으로 나타났다. 그러나 tryptophan으로 부터 생성되는 skatole과 indole의 비율이나 기작에 대한 사실이 밝혀져 있지 않아 Hansen-Moller(1994)는 이 비율을 2.3으로 보고하는 등 여러 가지 의견이 보고되고 있다. 도체중별 indole함량의 분석결과로는 암퇘지에서는 도체중 80kg이상 도체(0.013 ppm)와 80kg이하 도체(0.024ppm)사이의 함량에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 거세돈에서는 80kg이상 도체의 평균 indole함량이 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 비거세돈 시료 160두에서는 체중간의 함량에는 뚜렷한 경향을 보이고 있지 않았으며 도체중간의 함량사이에도 유의적인 차이를 보이지 않았다. Indole함량에 있어서 각 성별 도체간의 최저치와 최고치에서는 암퇘지가 0.001에서 0.080의 분포를 보이며 거세돈이 0.003에서 0.091의 분포를 보였다. 비거세돈에서는 0.010에서 0.420의 광범위한 분포를 나타내고 있으며 비거세돈 시료의 indole함량 분포를 나타낸 결과는 Figure 4에 제시되었다. 160두 비거세돈의 63.2%가 0.05 ppm 미만의 함량을 보였으며 0.05 이상 0.15ppm의 함량을 보인 시료는 전체 비거세돈의 20% 였으며 0.25ppm이상의 indole함량을 보인 시료는 4.2%로 skatole보다는 다소 낮으나 거의 유사한 분포를 나타내고 있다.

Table 9. Mean and standard deviation of indole concentration(㎍/g) in backfat of 200 pig carcasses

Sex	Mean Weight(kg) ±S.D.(N)	Indole concentration(㎍/g)		
		Mean ± S.D.	Min.value	Max.value
Female	82.09±2.71(20)	0.018±0.015x	0.001	0.080
	78.13±1.82(11)	0.024±0.021a	0.002	0.080
	86.06±3.61(9)	0.013±0.009a	0.001	0.030
Male (castrated)	80.93±2.83(20)	0.021±0.020x	0.003	0.091
	77.07±2.83(7)	0.012±0.009a	0.003	0.030
	84.80±2.84(13)	0.030±0.031b	0.008	0.091
Male (uncastrated)	81.44±2.57(160)	0.105±0.081y	0.010	0.420
	54.12±3.09(9)	0.126±0.133a	0.040	0.280
	66.23±2.85(32)	0.087±0.068b	0.010	0.260
	76.23±1.24(44)	0.093±0.078b	0.040	0.280
	85.54±2.23(35)	0.056±0.035c	0.030	0.180
	99.45±3.45(40)	0.127±0.092a	0.030	0.420

N= Number of samples analysed

a,b,cMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

x,yMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

제 2 절 국내 돈육시료의 steroid 물질 분석

등지방 중의 5αAn의 함량(Table 10)을 보면 대조구로 사용된 암퇘지와 거세돈으로부터 분석된 시료중의 5αAn함량(암퇘지 0.064 ㎍/g, 거세돈 0.054 ㎍/g)사이에는 유의적인 차이(P<0.05)가 없었다. 비거세돈 시료의 5αAn함량은 평균 0.185 ㎍/g으로, 이 값은 암퇘지나 거세돈 5αAn함량의 평균값과는 유의차(p<0.05)가 인정되었다. 5αAn은 수퇘지에서 생산하는 성호르몬의 체내 대사생성물로 알려져 있으며 암퇘지나 거세돈에서의 그 생산량은 미약하나 비거세돈에서의 생산량은 정상으로 함량이 높은 것으로 생각된다. 돼지의 도체중별 5αAn함량은 암퇘지에서는 도체중 80kg이상 도체와 80kg이하 도체군은 유의적인 차이를 보이지 않았으나 거세돈의 경우 80kg이상 도체의 평균 5αAn함량이 유의적으로 높았다. 비거세돈에서 도체중간의 5αAn함량은 도체중이 증가할수록 5αAn함량도 증가하였으며 각 평균 도체중 간에도 유의적인 차이을 보이고 있었다. 돼지에서 성호르몬의 생산량은 체중이 증가할수록 증가하며 이에 따라서 성호르몬의 대사생성물인 5αAn의 생성량 및 피하지방 축적도도 증가되는 것으로 알려져 있어 이러한 경향은 비거세돈에서 정상적인 것으로 해석된다.

각 성별로 도체에서 분석된 5αAn함량의 최저치와 최고치에서는 암퇘지가 0.015에서 0.211 분포를 보였으며 거세돈에서는 0.004에서 0.284의 분포를 보여 이들 시료에서의 5αAn함량은 거의 유사한 분포를 보이고 있었다. 비거세돈 시료의 최저치는 0.002였으며 최고치는 0.8200으로 넓은 분포를 나타내고 있었다. 비거세돈 시료의 5αAn함량 분포를 나타낸 결과는 Figure 5에 나타내었다. 160두 비거세돈의 30%이상이 0.00에서 0.10ppm의 함량을 보였으며 0.10에서 0.40ppm의 함량을 보인 시료는 전체 비거세돈의 52%로 대부분을 차지하였다. 한편 0.5ppm이상의 5αAn함량을 보인 시료는 5.6%에 불과하였다. 이는 5αAn함량에 있어서 0.5ppm이상의 시료를 웅취돈을 판정하는 기존문헌에서 제시된 기준으로 보았을 때 전체 비거세돈 시료의 5.6%가 웅취돈이며 이는 skatole 함량분석결과 웅취돈이 전체의 4.5%로 분석된 것보다는 다소 높은 수치였다.

Table 10. Mean and standard deviation of 5α-androst-16-en-3-one concentration(㎍/g) in backfat of 200 pig carcasses

Sex	Mean Weight(kg) ±S.D.(N)	5αAn concentration(㎍/g)		
		Mean ± S.D.	Min.value	Max.value
Female	82.09±2.71(20)	0.064±0.041x	0.015	0.211
	78.13±1.82(11)	0.074±0.058a	0.025	0.211
	86.06±3.61(9)	0.055±0.023a	0.015	0.187
Male (castrated)	80.93±2.83(20)	0.054±0.049x	0.004	0.284
	77.07±2.83(7)	0.044±0.015a	0.023	0.065
	84.80±2.84(13)	0.065±0.084b	0.004	0.284
Male (uncastrated)	81.44±2.57(160)	0.145±0.115y	0.002	0.820
	54.12±3.09(9)	0.030±0.017a	0.002	0.050
	66.23±2.85(32)	0.138±0.135b	0.030	0.540
	76.23±1.24(44)	0.163±0.104b	0.050	0.580
	85.54±2.23(35)	0.251±0.125c	0.080	0.620
	99.45±3.45(40)	0.345±0.194d	0.030	0.820

N= Number of samples analysed

a,b,c,dMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

x,yMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

돼지도체의 등지방을 시료로 하여 gas chromatography로 5α-Androst-16-en-3β-ol(5αAn3βol)함량을 분석한 결과는 Table 11에 나타난 바와 같다. 5αAn3βol은 5αAn3αol 과함께 5αAn 이 외의 웅취관련 steroids 물질로 알려져 있으나 그 기여도는 잘 알려져 있지 않다. 등지방 중의 5αAn3βol함량을 보면 암퇘지와 거세돈으로부터 분석된 시료의 함량은 암퇘지 등지방 0.0115 ㎍/g, 거세돈 등지방 0.0160 ㎍/g으로 유의적인 차이($P<0.05$)를 보이고 있지 않다. 한편 비거세돈에서 얻은 시료의 5αAn3βol함량은 0.0692 ㎍/g로 암퇘지나 거세돈의 5αAn3βol함량과는 유의적인 차이($p<0.05$)를 보이고 있다.

도체중별 5αAn3βol함량에서는 암퇘지에서는 도체중 80kg이상 도체와 80kg이하 도체사이의 함량에서 유의적인 차이를 보이지 않으며 거세돈에서도 도체중에 의한 평균 5αAn3βol함량 사이에는 유의차가 인정되지 않았다. 비거세돈에서는 도체중이 증가할 수록 5αAn3βol의 함량도 증가하였으며 특히 90kg 이상의 도체중을 갖는 시료의 5αAn3βol함량은 다른 도체중군보다 유의적으로 높은 값을 보였다. 이러한 결과에서 돼지의 체중의 증가가 이들 물질의 축적과 생성에 영향을 미치고 있음을 유추할 수 있었다.

성별 도체의 5αAn3βol함량에 있어서 최저치와 최고치는 암퇘지가 0.002에서 0.040의 분포를 보이며 거세돈에서는 0.001 ppm에서 0.075 ppm의 분포를 보였다. 비거세돈의 5αAn3βol함량은 최저치 0.002 ppm, 최고치 0.430 ppm의 넓은 분포를 나타내었다. 비거세돈 중의 5αAn3βol함량 분포를 표시한 결과는 Figure 6에 제시되어 있다. 160두 비거세돈의 42%이상이 0.00 ppm에서 0.05 ppm의 함량분포에 속하였으며 0.05 ppm에서 0.10 ppm의 함량분포를 보인 비거세돈은 전체의 31.2% 였으며 0.25 ppm이상의 5αAn3βol함량을 보인 시료는 1.6%였다.

Table 11. Mean and standard deviation of 5α-Androst-16-en-3β-ol concentration(μg/g) in backfat of 200 pig carcasses

Sex	Mean Weight(kg) ±S.D.(N)	5α-An-3β-ol concentration(μg/g)		
		Mean ± S.D.	Min.value	Max.value
Female	82.09±2.71(20)	0.012±0.010x	0.002	0.040
	78.13±1.82(11)	0.010±0.009a	0.003	0.031
	86.06±3.61(9)	0.013±0.011a	0.002	0.040
Male (castrated)	80.93±2.83(20)	0.016±0.016x	0.001	0.075
	77.07±2.83(7)	0.024±0.022a	0.002	0.075
	84.80±2.84(13)	0.008±0.009a	0.001	0.025
Male (uncastrated)	81.44±2.57(160)	0.069±0.048y	0.002	0.430
	54.12±3.09(9)	0.030±0.014a	0.010	0.050
	66.23±2.85(32)	0.049±0.045a	0.008	0.150
	76.23±1.24(44)	0.064±0.058b	0.002	0.210
	85.54±2.23(35)	0.076±0.036b	0.010	0.190
	99.45±3.45(40)	0.127±0.087c	0.010	0.430

N= Number of samples analysed

a,b,cMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

x,yMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

국내 생산되는 200두의 돼지도체의 등지방중의 5α-androst-16-en-3α-ol(5αAn3αol)함량을 gas chromatography로 분석한 결과는 Table 12에 나타나 있다. 시료 중의 5αAn3αol함량을 보면 암퇘지와 거세돈으로부터 분석된 시료의 평균함량이 암퇘지는 0.0225 ㎍/g이며 거세돈은 0.0125 ㎍/g으로 이들 사이에는 유의 적인 차이(P<0.05)를 보이고 있지 않다. 비거세돈에서 160개 시료의 평균 5αAn3αol함량은 0.045 ㎍/g으로 다른(암퇘지 및 거세돈) 시료들과는 유의차(p<0.05)가 인정된다.

도체중별 5αAn3αol함량분석에서는 암퇘지 군에서 도체중 80kg이상 도체군과 80kg이하 도체군 사이의 함량에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며 거세돈에서도 유의차가 인정되지 않았다. 비거세돈에서는 도체중군간의 5αAn3αol함량차이가 현저하여 도체중이 증가할수록 시료군 중의 5αAn3αol의 함량도 증가하였으며 도체중군 간에는 유의적인 차이를 보였다.

분석된 국내 돼지 중의 5αAn3αol함량분포에서 각 성별 도체군간의 분석 최저값과 최고값은 암퇘지가 각각 0.002과 0.091로 나타났으며 거세돈은 각각 0.000과 0.098로 나타났다. 비거세돈에서는 최저값이 0.001에서 최고값이 0.431의 광범위한 분포를 나타내고 있으며 비거세돈 시료의 5αAn3αol함량 분포를 나타낸 결과는 Figure 7에 나타난 바와 같다. 비거세돈의 31.2% 이상이 0.00에서 0.05ppm의 함량을 보였으며 0.05에서 0.15ppm의 함량을 보인 시료는 전체 비거세돈의 61.6%로 시료의 대부분을 차지하여 0.15 ppm이하의 시료가 전체시료의 90%이상을 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 0.25ppm이상의 5αAn3αol함량을 보인 시료는 2.4%로 나타났다. 이는 시료중의 5αAn3αol함량이 다른 웅취관련성분에 비하여 적은 것으로 나타나 그 기여도의 불확실성과 함께 지시물질로 사용하기에 부적절하다고 판단되었다.

Table 12. Mean and standard deviation of 5α-androst-16-en-3α-ol concentration(㎍/g) in backfat of 200 pig carcasses

Sex	Mean Weight(kg) ±S.D.(N)	5α-An-3α-ol concentration(㎍/g)		
		Mean ± S.D.	Min.value	Max.value
Female	82.09±2.71(20)	0.023±0.025x	0.002	0.081
	78.13±1.82(11)	0.026±0.025a	0.002	0.080
	86.06±3.61(9)	0.019±0.025a	0.002	0.081
Male (castrated)	80.93±2.83(20)	0.012±0.016x	0.000	0.098
	77.07±2.83(7)	0.008±0.007a	0.000	0.023
	84.80±2.84(13)	0.017±0.026a	0.002	0.098
Male (uncastrated)	81.44±2.57(160)	0.045±0.249y	0.001	0.431
	54.12±3.09(9)	0.007±0.004a	0.001	0.010
	66.23±2.85(32)	0.059±0.514b	0.010	0.021
	76.23±1.24(44)	0.086±0.619c	0.020	0.320
	85.54±2.23(35)	0.090±0.030c	0.030	0.182
	99.45±3.45(40)	0.143±0.081d	0.030	0.431

N= Number of samples analysed

a,b,c,dMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

x,yMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

제 3 절 웅취관련물질의 분석과 관능검사와의 상관관계

등지방을 태울 때 발생하는 웅취의 강도를 관능검사평가요원에 의하여 조사한 웅취강도의 평균값은 Table 13에 나타나 있으며 암퇘지와 거세돈으로부터 분석된 시료의 웅취강도는 암퇘지 0.410점, 거세돈 0.417점으로 이들 사이에서는 유의적인 차이($P<0.05$)를 보이고 있지 않았다. 이는 수퇘지에 거세를 행함으로서 성성숙을 억제하여 성 호르몬의 생성을 최소화시켜 냄새에서도 암퇘지와 유사한 성질로 개조되었음을 추론할 수 있었다. 그러나 비거세돈에서 얻은 시료의 웅취강도는 1.1493점의 평균값을 나타내었다. 웅취평가시 scoresheet에 1점을 웅취가 느껴지기 시작하는 시점으로 제시하였으므로 이 평균값은 시료들이 평가요원에 의하여 평균적으로 약간의 웅취를 감지할 수 있는 수준이었다고 결론할 수 있다. 이러한 결과는 웅취기여 물질인 skatole과 indole 및 androstenone를 포함하는 steroid 등의 함량이 비거세돈에서 월등히 높았던 결과와 일치하고 있다. 도체중별 웅취강도에서는 암퇘지와 거세돈의 경우 도체중 80kg이상 도체와 80kg이하 도체사이의 웅취강도에서는 유의적인 차이($p<0.05$)를 보이지 않았다. 그러나 비거세돈에서는 시료의 도체중이 증가할수록 웅취강도가 증가하였으며 70Kg이하의 시료군과 70kg 이상의 시료군사이에서는 유의성을 보였고 90kg이상의 도체군은 현저히 높은 웅취강도를 보이고 있어 출하시 돼지의 도체중이 웅취의 유무여부에 간접적인 정보가 될 수 있음을 시사하였다. 웅취강도에 있어서 암퇘지가 최저강도 0.00에서 1.17의 분포를 보였으며 거세돈에서는 0.00에서 1.67의 분포를 보였다. 비거세돈에서는 0.16에서 3.69의 가장 광범위한 분포를 나타내고 있으며 비거세돈 시료의 웅취강도 분포를 나타낸 결과는 Figure 8에 나타내었다. 160두 비거세돈의 50%이상이 0.00에서 1.0의 강도를 보여 전혀 웅취가 느껴지지 않은 것으로 평가되었으며 1.0에서 2.0의 강도를 보인 시료는 전체 비거세돈의 34%로 웅취가 아주 미약하게 존재하였다. 웅취가 있다고 확신되는 시료는 전체 시료의 4.0%로 이 결과는 화학적인 분석결과의 분포와 일치하였다.

Table 13. Mean and standard deviation of boar-taint intensity* in backfat of 200 pig carcasses assesed by sensory panel

Sex	Mean Weight(kg) ±S.D.(N)	Boar-tiant Intensity		
		Mean ± S.D.	Min.value	Max.value
Male	82.09±2.71(20)	0.401±0.276x	0.00	1.17
	78.13±1.82(11)	0.359±0.302a	0.00	1.17
	86.06±3.61(9)	0.443±0.251a	0.00	1.17
Male (castrated)	80.93±2.83(20)	0.417±0.216x	0.00	1.67
	77.07±2.83(7)	0.452±0.259a	0.00	1.67
	84.80±2.84(13)	0.383±0.174a	0.16	1.67
Male (uncastrated)	81.44±2.57(160)	1.149±0.648y	0.16	3.69
	54.12±3.09(9)	0.776±0.387a	0.16	1.67
	66.23±2.85(32)	0.907±0.710a	0.16	2.67
	76.23±1.24(44)	1.197±0.710b	0.16	2.67
	85.54±2.23(35)	1.171±0.744b	0.16	3.33
	99.45±3.45(40)	1.318±0.689c	0.16	3.69

N= Number of samples analysed

a,b,cMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

*Scores of taint intensity were 0 = no boar-taint, 1 = doubtful boar-taint, 2 = slight boar-taint, 3 = some boar-taint, and 4 = strong boar-taint.

각 웅취관련성분분석의 결과와 관능검사결과 사이의 관계를 회귀계수로 표시한 결과가 Table 14에 제시되어 있다. 가장 높은 상관관계를 보인 것은 관능평가에 의한 웅취강도와 androstenone함량과의 회귀계수(0.511)였다. Skatole함량을 웅취강도에 비교하였을 때 두 값의 관계의 0.410으로 androstenone보다는 다소 낮은 상관성을 나타내었다. 이 두물질과 관능검사와의 상관관계는 indole이나 다른 steroid 화합물들(5α-androst-16-en-3α-ol 또는5α-androst-16-en-3β-ol)을 관능검사에 대비시킨 결과보다는 높은 상관성을 보여주었다. 이러한 결과는 Malmfors 등(1983)이androstenone과 관능검사와의 상관계수를 0.41-0.76으로 보고하였으며 Lundstrom 등(1984)이 skatole과 관능검사결과와의 상관계수를 0.2-0.69로 보고한 것에서 크게 벗어나지 않았다. Figure 3과 Figure 4는 160개 비거세돈 시료에 대하여 관능검사요원이 평가한 관능검사결과와 skatole함량과 androstenone함량의 관계를 도식화한 그래프이다. 이 그래프에서 볼 수 있는 바와 같이 관능검사결과에 대응되는 화학적 분석결과는 매우 분산되어 있어 분명한 linear regression을 얻기 힘들었다. 이러한 결과는 skatole과 androstenone이 개별적으로 웅취의 발생에 기여하는 것이 아니라 상호관계에 의하여 전체적인 관능적 성질을 결정한다는 것을 나타내고 있다.

위의 결과는 시료의 준비와 분석과정을 단순화하고 체계화함으로서 대량분석을 시도하여 도축현장에 적용하도록 하여야 하겠다.

Table 14. Overall correlations between boar taint, skatole, indole, 5α An, 5αAn3αol and 5αAn3βol

	Boartaint	Skatole	indole	5αAn	5αAn3αol	5αAn3βol
Boar taint	-	0.410	0.263	0.511	0.253	0.346
Skatole	0.410	-	0.353	0.147	0.119	0.054
Indole	0.263	0.353	-	0.156	0.031	0.155
5αAn	0.511	0.147	0.156	-	0.430	0.409
5αAn3αol	0.253	0.119	0.031	0.430	-	0.383
5αAn3βol	0.346	0.054	0.155	0.409	0.383	-

제 4 절 비거세수퇘지고기의 부위별 skatole 및 androstenone 함량조사

비거세돈에서 등지방(backfat), 후지(ham), 목등심(shoulder) 및 등심(loin) 부위를 떼어 낸 후 지방을 추출하여 HPLC에 의한 skatole 함량을 분석한 결과는 Table 15와 같았다. 가장 높은 함량을 가진 부위는 도체 번호 B3에서 취한 등지방 부위였으며 반면 가장 낮은 함량은 B4 도체의 등심부위였다. 등심과 후지부위의 skatole 함량은 다른 부위의 skatole 함량에 비하여 낮았으며 가장 높은 함량을 보인 부위는 각 도체의 등지방과 목등심부위였다. 이러한 결과는 관능검사에서 지방 함량이 많은 등지방 부위의 웅취강도가 다른 부위에 비하여 높아서 웅취여부를 판단하는데 용이하였던 결과와 일치하고 있다. 그러나 등지방과 목등심의 도체 평균 skatole 함량은 0.20 ㎍/g으로 같았다. 이러한 결과는 skatole이 수용성과 지용성의 양성 용해성을 가지고 있어 지방뿐만이 아니라 적육에서도 웅취의 유무 판단기준이 될 수 있다고 보고한 Lundstrom 등의 결과와 혈액과 지방에 skatole이 비례적으로 분포한다고 보고한 Herzog 등의 보고와도 일치하고 있다. 등지방의 경우 B3, B4, B5 도체에서 높은 함량이 검출되었다. 후지부분육의 skatole함량은 등지방의 함량 분석결과와 비슷하였으나 등심과 목등심에서 얻은 결과는 B2와 B5, B6 도체의 함량이 높아 등지방과는 다른 경향을 나타내고 있다. 이는 skatole의 축적 부위가 지방과 정육의 비율이외에 위치적인 차이에도 영향받을 수 있음을 추정할 수 있었다. B5및 B6 도체의 경우 관능검사에서도 모든 부위에서 높은 점수를 보였으며 skatole함량에서도 각 부위에서 높은 함량을 보였다. 이들은 모두 도체중이 95kg이상인 도체에서 채취된 시료로서 도체중이 85kg인 B1 시료와 비교하였을 때 거의 모든 부위에서 높은 skatole함량을 나타내었다.

Table 15. Skatole concentration of fat from different parts of uncastrated male pigs

Carcass No.	Carcass Weight (kg)	Skatole concentration(μg/g)			
		Backfat	Ham	Shoulder	Loin
B1	85	0.07	0.12	0.17	0.09
B2	90	0.19	0.09	0.23	0.29
B3	90	0.27	0.20	0.11	0.18
B4	94	0.23	0.10	0.17	0.03
B5	98	0.25	0.11	0.26	0.11
B6	99	0.19	0.21	0.26	0.13
Mean		0.20a	0.14b	0.20a	0.13b

a,b,dMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

각기 다른 도체중을 가지는 비거세돈 6두에서 등지방(backfat), 후지(ham), 목등심(shoulder) 및 등심(loin)을 취한 후 지방을 추출하여 GC에 의하여 웅취관련성분인 androstenone의 함량을 측정한 결과는 Table 16과 같았다. 가장 높은 androstenone 함량을 가진 부위는 도체 B6에서 취한 등지방 부위였다. 반면 B3 도체의 등심, B1 도체의 후지, 목등심, 등심 및 B2 도체의 등심부위에서는 검출되지 않았다. 가장 androstenone함량이 높았던 부위는 도체의 개체번호에 관계없이 등지방 부위(평균 1.33 ㎍/g)였으며 이는 다른 부위보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 후지의 androstenone 함량은 등지방을 제외한 다른 부위의 androstenone 함량에 비하여 높았으며 가장 낮은 함량을 보인 부위는 각 도체의 등심부분(0.18㎍/g))이었다. 이러한 결과는 skatole 함량에서 보여주었던 경향과 거의 유사한 것으로 관능검사에서도 지방 함량이 높은 부위(등지방과 후지)의 웅취강도가 다른 부위에 비하여 높았으며 skatole함량에서도 다른 부위에 비하여 높았던 결과와 일치하는 것을 보여주고 있다. 등지방의 경우 B5와 B6 도체에서 높은 androstenone 함량을 보였다. 결과적으로 등심과 목

등심 부위에서의 androstenone의 축적은 지방함량이 많은 등지방과 후지에 비하여 낮으며 지용성 steroid인 androstenone은 지방에 선택적으로 축적된다는 것을 추정할 수 있었다. 개체별로는 B5 및 B6 도체가 관능검사에서도 모든 부위에서 높은 점수를 보였던 것과 마찬가지로 androstenone함량에서도 거의 모든 부위에서 가장 높은 함량을 나타내었다.

Table 16. Androstenone concentration of fat from different parts of non-castrated male pigs

Carcass No.	Carcass Weight (kg)	Androstenone concentration(μg/g)			
		Backfat	Ham	Shoulder	Loin
B1	85	0.96	ND	ND	ND
B2	90	0.68	0.50	0.24	ND
B3	90	0.52	0.05	0.08	ND
B4	94	1.38	0.58	0.24	0.08
B5	98	2.19	0.25	0.12	0.92
B6	99	2.26	1.58	0.98	0.12
Mean		1.33a	0.49b	0.22c	0.18c

a,b,cMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)

비거세돈 6두에서 채취한 등지방(backfat), 후지(ham), 목등심(shoulder) 및 등심(loin) 시료를 관능검사에 의하여 웅취강도를 측정한 결과는 Table 17과 같았다. 개체별로는 등지방과 후지에서는 도체번호 B5의 수퇘지가 가장 높은 웅취강도를 나타내었으나 목등심과 등심에서는 도체번호 B6에서 얻은 시료가 가장 높은 웅취강도를 나타내었다. 각 도체별 부분육에서는 등지방과 후지의 경우, 도체의 중량에 비례하여 웅취강도도 높았으나 목등심과 등심에서는 도체중은 웅취강도에 큰 영향을 미치지 않았다. 대체로 지방의 함량이 많은 부분육에서 높은 웅취강도를 보였으며 절대적인 강도에서도 등지방은 0.67에서 2.50의 넓은 분포를, 후지는 0.67에서 1.50의 분포를 보이고 있었다. 부위별 평균 웅취강도는 다른 부분육에 비하여 등지방의 웅취강도(1.75)가 높아 유의성을 나

타내었으며 목등심 부위는 가장 낮은 평균 웅취강도를 나타내었다(0.44). 웅취가 느껴지기 시작하는 강도인 1점을 넘는 시료는 등지방과 후지에서는 각각 5개였으나 목등심은 1개, 등심은 3개 시료로 등지방과 후지에서 평가된 웅취강도가 다른 부위에서 얻은 웅취강도에 비하여 상대적으로 높았다. 웅취가 있다고 확신되는 시료(웅취강도 2점이상)는 등지방에서는 3개였으나 다른 시료에서는 나타나지 않아 도체의 웅취를 판별하는데 등지방 부위가 효과적이었다. 등심과 목등심에서는 웅취강도가 0.00에서 1.33의 좁은 범위를 보이고 있고 그 점수도 낮아서 도체의 웅취 유무를 판별하기에는 부적절하였다. 지방이 높은 부분육에서 높은 웅취강도를 보이고 있는 도체의 중량은 95kg이상인 도체로 이는 웅취관련 성분인 skatole 및 androstenone이 지방에 축적되며 수퇘지에 있어서 중량이 증가할수록 성성숙도 증가하여 이로 인한 웅취의 발생이 심화된다는 사실을 입증하고 있다. 이는 지방 함량이 많은 부분이 관능검사의 시료로서 효과적이라는 사실을 뒷받침하고 있다.

Table 17. Boar-taint intensity* of different parts of uncastrated male pigs judged by sensory panel

Carcass No.	Carcass Weight (kg)	Part			
		Backfat	Ham	Shoulder	Loin
B1	85	1.50	1.00	0.16	1.25
B2	90	2.33	0.67	0.67	0.99
B3	90	0.67	1.00	0.16	0.42
B4	94	1.33	1.17	0.33	0.75
B5	98	2.50	1.50	0.00	1.16
B6	99	2.17	1.17	1.33	1.25
Mean		1.75a	1.08b	0.44c	0.97b

a,b,cMeans with different letters are significantly different($p<0.05$)
*Scores of taint intensity were 0 = no boar-taint, 1 = doubtful boar-taint, 2 = slight boar-taint, 3 = some boar-taint, and 4 = strong boar-taint.

제 5 절 거세돈과 웅취발현돈육의 지방산 비교분석

도체중과 등지방 두께를 알고 있는 비거세돈 30두를 선별하여 지방중의 지방산함량을 조사하고 각 지방산의 분포와 웅취발현과의 관계를 밝혀 내고자 하였다. 비거세돈의 지방에서 채취한시료를 전처리하여 지방산 조성분석을 완료하였다. 지방산조성의 측정은 gas chromatography법을 사용하였으며 분석조건은 table 18과 같다.

Table 18. GC conditions for fatty acids analysis of back fat from pig.

Instrument	YoungIn GC 580
Detector	FID
Column	Supelcowax(30m(L) × 0.25mm(ID), FT 0.25㎛)
Oven	Initial temp. 170℃
	Initial time 1 min
	Initial rate 2.5℃/min
	Final temp. 220℃
	Final time 10 min
Injector temp.	250℃
Detector temp.	260℃
Split ratio	20:1

웅취의 발현과 지방산 조성과의 관계를 조사하기 위하여 웅취관련 성분이 함량과 관능검사에 의한 웅취강도를 알고 있는 비거세돈 시료 30두를 대상으로 지방산조성을 조사한 결과는 table 19와 같았다. 시료의 도체중 분포는 79에서 99 kg 이었으며 등지방의 두께는 15mm에서 32mm의 분포를 나타내었다. 시료중의 각 지방산 조성은 달랐으나 가장 많은 조성비를 가진 것은 탄소수 18개에 이중결합 1개인 oleic acid로 평균조성비는 40.3%였다.그 다음으로 높은 조성비를 가진 것은 탄소수 16개의 포화

지방산인 palmitic acid로 평균 조성비는 22.42%였다. 각 지방산과 웅취의 발현과의 관계를 살펴보기 위하여 관능검사결과와 각 시료의 지방산 조성을 비교 검토한 결과 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다.

Table 19. Fatty acid composition of entire male pig backfat

No.	Fatty acid composition(%)												
	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1 ω7	C18:0	C18:1 ω9	C18:1 ω7	C18:2 ω6	C18:3 ω3	C18:4 ω3	C20:1 ω9	C20:1 ω7	C20:5 ω3
1	1.77	0.14	23.81	2.99	12.07	36.86	12.01	1.34	0.29	1.39	0.41	0.47	6.45
2	2.04	0.44	21.94	2.11	11.13	36.25	17.08	1.67	1.37	2.87	1.16	1.95	0.00
3	1.92	0.77	24.21	2.86	12.15	38.73	10.72	1.13	0.29	1.22	0.42	1.05	4.54
4	1.54	0.18	21.26	2.42	11.36	38.88	17.72	0.92	0.67	1.87	1.15	0.37	1.65
5	1.68	0.07	22.73	2.35	13.81	39.63	13.64	1.06	0.30	1.52	0.87	0.62	1.73
6	1.77	0.12	23.56	2.03	10.78	42.12	14.24	1.12	0.08	1.01	0.38	0.97	1.82
7	1.41	0.16	21.21	2.27	9.71	41.85	18.52	1.17	0.56	0.88	1.09	0.43	0.73
8	1.60	0.13	20.71	2.67	10.52	41.21	18.65	1.20	0.18	1.13	1.36	0.52	0.11
9	1.97	0.11	22.67	3.09	9.78	42.18	16.53	1.13	0.07	0.98	0.92	0.31	0.26
10	1.79	0.11	23.56	2.91	12.19	39.97	15.86	1.06	0.19	0.96	0.98	0.28	0.14
11	1.78	0.19	22.39	2.69	10.31	41.08	17.32	1.01	0.14	1.38	0.79	0.54	0.37
12	1.79	0.03	23.66	2.92	12.49	39.86	14.99	0.90	0.30	1.03	1.20	0.49	0.33
13	1.46	0.11	22.26	2.83	11.12	41.28	16.48	1.17	0.19	1.23	1.26	0.43	0.18
14	1.57	0.09	21.13	3.01	10.16	43.71	16.55	1.09	0.24	1.08	0.91	0.29	0.17
15	1.64	0.06	25.17	2.59	15.91	37.76	13.70	0.71	0.26	1.09	0.69	0.24	0.17
16	1.60	0.11	24.73	2.21	11.31	40.11	13.19	1.21	0.94	0.98	1.41	0.34	1.86
17	1.82	0.10	25.39	2.59	14.29	39.82	12.54	1.07	0.24	1.08	0.76	0.17	0.13
18	1.89	0.39	2.72	2.58	12.67	50.65	23.51	1.49	0.24	1.31	2.21	0.35	0.00
19	1.46	0.10	20.79	3.43	9.56	44.64	15.96	1.40	0.27	0.81	0.85	0.58	0.17

Table 19. continued

No.	Fatty acid composition(%)												
	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1 ω7	C18:0	C18:1 ω9	C18:1 ω7	C18:2 ω6	C18:3 ω3	C18:4 ω3	C20:1 ω9	C20:1 ω7	C20:5 ω3
20	1.54	0.12	22.64	2.73	13.12	40.52	15.11	1.01	0.14	1.38	0.79	0.54	0.37
21	1.52	0.08	21.04	2.37	11.09	41.75	17.77	1.08	0.27	1.18	0.88	0.41	0.54
22	1.64	0.12	22.38	1.90	13.75	39.49	16.38	1.26	0.29	0.97	0.86	0.29	0.22
23	1.47	0.11	21.43	2.97	10.67	41.99	17.25	1.52	0.20	1.08	0.85	0.31	0.15
24	1.80	0.10	21.81	2.78	10.33	38.71	17.58	1.29	0.21	0.94	1.29	0.49	2.68
25	2.02	0.13	26.37	2.12	15.65	36.37	13.74	0.85	0.41	1.24	0.70	0.28	0.12
26	1.89	0.13	23.66	2.92	10.67	39.12	14.72	1.01	1.13	0.83	0.96	1.12	1.84
27	1.51	0.10	22.37	2.15	11.60	41.92	16.57	1.23	0.26	1.16	0.77	0.26	0.08
28	1.66	0.06	25.93	2.09	15.76	36.79	14.88	0.80	0.28	0.73	0.77	0.23	0.00
29	1.69	0.15	24.80	2.27	13.69	40.70	13.85	0.80	0.21	0.93	0.66	0.25	0.00
30	1.65	0.06	26.35	1.89	17.13	34.86	2.28	13.28	0.68	0.85	0.71	0.26	0.00

제 6 절 기존분석법을 이용한 웅취원인물질의 검사 및

웅취검사법의 정확도 검토

HPLC 및 GC에 의한 돈육의 웅취관련성분 분석법을 해외에서 이미 실용화 되어 있는 분석법과 비교하여 그 정확도를 검토하고자 하였다. 도체중과 등지방 두께를 알고 있는 비거세돈 30두를 선별하여 웅취관련성분의 함량을 조사하고 그 함량과 관능검사 결과를 비교하였다. 웅취관련성분의 분석에는 skatole분석법에 2가지 (HPLC를 이용한 분석법과 colorimetry를 이용한 방법)가 사용되었으며 androstenone분석법에 Gas chromatography를 이용한 방법과 ELISA를 이용한 방법이 사용되었다. 웅취의 강도는 10인의 관능검사용원에 의하여 측정되었다. HPLC에 의한 skatole의 분석 및 GC에 의한 androstenone의 분석은 1년차 연구에서 개발된 기기를 이용한 화학적분석법을 사용하였으며, colorimetry법에는 Mortensen과 Sorensen이 개발한 방법을 사용하였다. ELISA를 이용한 분석에서는 Riedel- de Haen사로 부터 androstenone 분석용 ELISA kit를 구입하여 사용하였다.

비거세돈 30두의 도체의 등지방 중 skatole함량, androstenone함량 및 관능검사의 결과는 table 20에 나타난 바와 같다. 시료의 도체중분포는 79에서 99 kg 이었으며 등지방의 두께는 15mm에서 32mm의 분포를 나타내었다. •등지방 중의 skatole함량을 보면 colorimetry 를 사용하여 측정하였을 때 최소함량은 30번 도체의 0.0048ppm이었으며, 최고 skatole 함량은 25번 도체의 0.3983ppm이었다. HPLC법을 이용한 분석에서는 16번 도체에서 skatole이 검출되지 않았으며 20번 도체에서 가장 높은 skatole 함량을 나타내었다. HPLC법 vs colorimetry법 사이의 Linear regression curve의 함수는 y= 0.47x + 0.029 였으며 상관 계수 r값은 0.8875였다. 이는 colorimetry를 이용하는 방법이 skatole만을 선택적으로 분석하는 것이 아니라 indole물질을 모두 발색시키는 반응이라는 특징을 가지고 있기 때문으로 해석된다. Skatole함량이

0.25ppm이상인 시료는 colorimetry에서는 8개 시료였으나 HPLC법에서는 3개로 나타나 colorimetry를 이용한 방법의 절대값이 높게 나타났다. 비거세돈 30두의 등지방 중의 androstenone함량을 보면 GC를 이용하여 그 함량을 측정하였을 때 최소 값은 16번 도체의 0.0312 ppm이었으며 최고 값은 24번 도체의 6.654ppm이었다. 24번 도체는 ELISA kit를 이용하여 androstenone의 함량을 측정하였을 때도 8.846 ppm으로 가장 높은 함량을 가진 것으로 나타났다. Androstenone함량 측정법 사이의 선형 회귀를 분석한 결과 GC법 vs ELISA법의 함수는 y=1.34x - 0.0911였으며 그 사이의 상관 계수 r값은 0.9012로 나타났다. Androstenone함량이 0.5ppm 이상인 시료는 GC를 이용한 분석에서는 18개로 나타났으며 ELISA를 이용하였을 때 19개로 나타나 이들 두 분석법사이의 절대값의 분포도 거의 비슷함을 알 수 있었다. 비거세돈 30두를 이용하여 실시한 관능검사에서는 skatole과 androstenone을 화학적으로 분석한 함량과의 상관관계가 매우 낮게 나타났다. 이러한 결과로부터 skatole분석법으로 이용한 HPLC법과 colorimetry법 사이에 비교적 높은 상관관계가 성립하고 있었으며 androstenone 분석법인 GC법과 ELISA법 사이에는 더 높은 상관관계가 성립하고 있어 1차년도에 연구된 기기를 이용한 웅취성분의 분석법이 기존에 해외에서 쓰이고 있던 웅취분석 방법의 정확도를 만족시킨다고 결론지을 수 있었다.

Table 20. Comparison test between HPLC, GC method and already developed analytical methods for boar-taint related compounds analysis.

No.	Carcass Wt. (kg)	Back fat (mm)	Skatole conc. (ppm)		Androstenone conc. (ppm)		Sensory score ±S.D.
			Colorimetry ±S.D	HPLC ±S.D	GC ±S.D.	ELISA ±S.D.	
1	95	20	0.2983 0.0432	0.1283 0.0664	0.4714 0.0123	0.4531 0.0003	1.52 0.19
2	97	26	0.0241 0.0028	0.0175 0.0054	0.7432 0.0324	0.7120 0.0038	1.54 0.18
3	88	32	0.018 0.0032	0.009 0.0001	0.9983 0.0342	1.2345 0.0023	1.60 0.24
4	92	22	0.1270 0.0024	0.1132 0.0025	5.5434 0.1434	7.4569 0.978	2.53 1.3
5	96	24	0.048 0.0067	0.039 0.0034	2.4483 0.0872	2.3424 0.0867	1.76 0.24
6	93	24	0.013 0.0053	0.017 0.0037	0.5128 0.0145	0.5028 0.0002	1.50 0.26
7	94	15	0.2584 0.0642	0.1857 0.013	2.2013 0.0769	2.8547 0.0032	1.84 0.75
8	88	15	0.0318 0.0169	0.114 0.0067	0.1194 0.0032	0.1862 0.0001	1.59 0.25
9	93	24	0.2574 0.0532	0.1987 0.0034	1.9234 0.0878	1.5476 0.6731	1.64 0.48
10	88	20	0.2546 0.0284	0.2543 0.0567	2.2123 0.0121	2.2433 0.1232	1.76 0.15
11	91	26	0.1983 0.0043	0.1187 0.0027	0.3194 0.0034	0.5545 0.0003	1.50 0.47
12	92	15	0.2523 0.0275	0.2243 0.0056	0.0324 0.0056	0.0816 0.0054	1.35 0.32
13	89	25	0.0432 0.0045	0.0354 0.0012	0.2139 0.0023	0.1865 0.0034	1.44 0.99
14	88	15	0.178 0.0232	0.132 0.0078	1.3232 0.0241	1.2754 0.043	1.50 0.34
15	92	22	0.254 0.012	0.113 0.0034	0.1432 0.0045	0.3622	1.47 0.54

Table 20. continued

No.	Carcass Wt. (kg)	Back fat (mm)	Skatole conc. (ppm)		Androstenone conc. (ppm)		Sensory score ±S.D.
			Colorimetry ±S.D.	HPLC ±S.D.	GC ±S.D.	ELISA ±S.D.	
16	99	20	0.0050 0.0037	0.00 0.003	0.0312 0.0213	0.0203 0.0171	0.99 0.77
17	99	22	0.0397 0.0269	0.024 0.0021	2.987 0.0144	3.9096 1.05528	1.117 0.96
18	89	20	0.1097 0.0734	0.028 0.00051	1.1832 0.0342	1.6483 0.7357	1.625 0.99
19	98	22	0.1622 0.0956	0.118 0.00612	0.792	0.8406 0.3321	1.187 0.285
20	93	19	0.2584 0.0646	0.217 0.0665	0.1102	0.0816 0.0657	2.75 1.198
21	90	28	0.0485 0.0067	0.068 0.0127	0.982	0.7120 0.1569	1.375 0.695
22	91	20	0.0747 0.0141	0.034 0.0037	0.823	0.9013 0.336	1.60 1.25
23	90	20	0.0319 0.0169	0.021 0.0006	0.182	0.186 0.0506	1.64 2.49
24	92	20	0.2320 0.0603	0.1436 0.0359	6.654	8.846 1.4273	1.0 0.89
25	91	20	0.3983 0.0833	0.127 0.0043	0.3242	0.2513 0.1288	1.85 1.24
26	79	20	0.1270 0.0277	0.0832 0.00054	0.1423	0.2534 0.0891	1.23 0.71
27	93	26	0.013 0.0053	0.1628 0.0432	0.983	1.234 0.0284	1.69 1.21
28	97	20	0.048 0.0067	0.046 0.0024	1.294	2.342 0.142	2.28 1.28
29	90	18	0.197 0.0610	0.086 0.0134	0.493	0.502 0.2871	1.06 0.99
30	99	22	0.0048 0.00076	0.0088 0.0030	2.153	3.724 1.9473	1.57 1.29

제 7 절 NIR(근적외선분광분석법)에 의한 웅취돈 검색방법의 개발 및 검증시험

근적외선분광분석법(NIR)은 농업, 식품, 화학, 제약 등 여러 분야에서 신속하고 재현성 있는 분석방법으로 시료를 전처리 없이 비파괴적으로 분석할 수 있는데 이는 분석 대상물의 분자구조가 O-H, N-H, C-H 등의 관능기로 이루어져 이를 700㎚에서 2500㎚의 파장영역에서 나타나는 결합대(Combination Band) 및 배음대(Overtone Band)의 에너지 변환을 측정함으로써 유기 및 무기물의 정성 및 정량 분석에 사용되고 있다.

기호도(Sensory)와 스케톨(Skatol) 및 안드로스테논(Androstenone)의 검량식을 구하고 이를 검증하기 위해 수집된 시료를 정량분석 범위에 고르게 분포하도록 두 개의 집단으로 나누어 하나는 검량식 작성을 위하여 사용하였고(Calibration Data Set) 그 나머지는 검증을 위해(Validation Data Set)사용하였으며 기본요소분석(Principle Component Analysis : PCA)을 중심으로 하는 부분최소제곱 회귀분석(Partial Least Square Regression)을 수행하여 최적의 모델을 선발하였다. 다중변형법에 의한 기호도와 스펙트럼과의 상관관계를 유도하였으며 부분최소제곱법을 사용하여 최대 10개의 모델(Factor) 중 예측치(MSECV)가 최소화되는 모델을 선발하였고 이때의 결과로서 상관도(R)는 0.9202이며 검량선 작성시의 오차(SEC)는 0.2673 으로써 이를 검증하였을 때의 검증상관도(Validation Relation:VR)는 0.993이었으며 실행시의 오차(Standard Error of Performance: SEP)는 0.140이었다.(Fig. 12., table 21, Fig. 13., table 22) 스케톨과 스펙트럼과의 검량식과 검증식을 유도한 결과 상관도(R)는 0.9557이었으며 검량선 작성시의 오차(SEC)는 0.0464로써 이를 검증하였을 때 검증상관도(VR)는 0.992, 실행오차(SEP)는 0.206으로 나타났다.(Fig. 14., table 23, Fig. 15., table 24) 안드로스테논과 스펙트럼과의 검량식을 유도한결과 상관도(R)는 0.9592이었으며 검량선 작성시의 오차(SEC)

는 0.1321로써 이를 검증하였을 때 검증상관도(VR)는 0.977, 실행오차(SEP)는 0.832로 나타났다.(Fig. 16., table 25, Fig. 17., table 26) 이상의 결과로부터 근적외선분광분석법에 의한 웅취의 기호도, 스케톨 및 안드로스테논의 세 가지 성분을 동시에 분석할 수 있으므로 기존의 분석보다 신속하게 현장에서 판별할 수 있으리라 사료된다. 여기서 비닐백의 C-H 피크의 중첩을 고려하지 않았는데 이를 고려 C-H 피크가 없는 포장재를 사용하던가 아니면 포장재 없이 바로 측정하는 것이 바람직하리라 사료된다. 근적외선분광분석법에 의해 웅취를 판별할 경우 측정소요시간 1점당 30초 내외로서 적용성이 높으며, 소모성 경비는 극히 미미하여(전기료 정도) 분석장비도 1억원 내외로 저렴하여 현장 적용에 가장 유리한 검사법으로 판단되었다.

제 8 절 새롭게 확립된 관능검사법의 웅취판별을 위한 현장적용시험

관능검사를 표준화하여 현장에서 사용할 수 있는 관능검사법을 개발하기 위하여 관능검사 요원을 선발, 3점 시험법을 이용한 민감도 조사 등을 포함한 3차례의 교육과정과 웅취관련 성분 중 androstenone의 표준용액을 이용한 민감도 시험을 통하여 12명의 관능검사요원을 선발하였다. 관능검사요원 중의 남녀의 성비는 1:1로 조절하여 성별의 차이에 의한 민감도의 차이를 조사하였다. 비거세돈 200두를 시료로 사용하였으며 도체중 90㎏ 이상의 것만을 선택적으로 채취하였다. 시간 당 100두 이상의 시료에서 신속하게 웅취돈을 선별하기 위한 효과적인 관능검사법의 실시 목적으로 가열부위에 온도조절기능이 부착된 전기인두를 제작하였다. 이 기기는 지름이 1㎝ 정도인 가열부위를 포함하며 가열된 인두 끝부분을 시료에 적용하여 150℃로 4초간 가열함으로서 발생하는 냄새를 관능검사요원들의 후각에 의한 웅취강도를 검사하였다.

웅취강도는 0 = 전혀 없음에서 4 = 매우 강함의 범위에서 측정되었다. 이 200두의 비거세돈 중에서 웅취강도가 높게 나온 시료는 cross-exam으로 colorimetry에 의한 skatole함량과 ELISA kit에 의한 androstenone함량을 측정하였으며 이 실험의 결과를 검토하여 관능검사법의 효율성을 검토하였다.

관능검사요원을 선발하기 위하여 androstenone 농도 800ng 용액에 의한 hedonic response 시험에 의한 웅취강도의 검사를 실시하였을 때의 결과는 Table 28과 같았다. 남자관능검사요원의 44.3%, 7.6%의 여자관능검사요원이 androstenone 시료의 냄새를 감지하지 못하였다. 평균 hedonic score는 남자가 6.22, 여자가 7.26을 보여 여자관능검사요원들이 약간 더 불쾌한 것으로 평가하였다. 이 결과는 androstenone이 testosterone 등 C-16 호르몬의 산화생성물로서 남자들의 상대감지 역가가 여자에 비하여 높다는 의견과 일치하고 있었다. 비거세돈 200두에 대한 관능검사 결과에서는 체중에 의한 차이는 보이지 않았으며 전체 비거세돈의 11.4%가 비교적 웅취강도가 세다고 느껴지는 scale인 3점 이상의 평균웅취강도를 보였다(Table 29). 이는 일반적으로 전체 population의 3% 내지 5%가 웅취를 발현한다는 기존의 발표보다 높은 결과를 나타내었다. 그러나 이는 시료의 채취의 범위를 도체중 90kg 이상으로 제한하여 실시하였기 때문인 것으로 설명될 수 있다. 관능검사요원 중 여자와 남자, 성별에 의한 차이는 여자관능검사요원이 같은 시료에 대하여 다소 높은 웅취강도로 평가하였으나 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

Table 28. Hedonic response of men and women to the odor of 800ng 5α-androst-16-en-3-one

Hedonic Score	Description of odor	Proportion of response, %	
		Men	Women
1	Extremely pleasant	0	0
2	Very pleasant	0.6	0
3	Moderately pleasant	1.3	0.7
4	Weakly pleasant	3.8	2.8
5	Neutral	10.9	5.5
6	Weakly unpleasant	16.0	13.1
7	Moderately unpleasant	13.5	26.9
8	Very unpleasant	5.1	27.6
9	Extremely unpleasant	4.5	15.9
Mean hedonic score		6.22	7.26
S.E.		0.16	0.11

*Percentage of subjects unable to detect the odor : men, 44.3%, women, 7.6%

Table 29. Means and standard deviation(S.D.) of boar-taint intensity in backfat of 200 uncastrated male pigs.

	Mean	S.D.	Range
Boar-taint intensity	1.26	0.94	0.00 3.98

웅취판별을 위한 표준화된 관능검사법의 현장적용시험을 위한 연구결과는 다음과 같다.

웅취를 판별할 수 있는 관능검사요원의 선발은 800ng의 androstenone 용액을 hedonic response 시험에 의하여 감지할 수 있는 요원으로 한정하여 선발하였고 돈육에 대한 관능검사시에는 4점 hedonic scale을 사용하여 3점 이상일 경우 웅취가 발현하는 것으로 구분하였다. 관능검사에 사용된 전기인두는 당 연구원에서 전기로서 온도조절이 가능하게 제작하였으며 160℃에서 4초간 돼지도체의 등지방에 적용하여 발생하는 냄새를 순간적으로 감지하도록 하였으며 100두에 대하여 관능검사와 함께 androstenone 함량을 측정하였으며 분석결과는 Table 30에 나타난 바와 같았다.

관능검사결과 3점 이상의 웅취강도를 나타낸 시료는 9%이었으나 androstenone 분석결과에 의하면 0.5ppm 이상의 양성을 나타낸 시료수가 7%에 불과하여 2%의 차이를 나타내었다.

Table 30.Sensory test and androstenone analysis results of domestic pork b a c k f a t .

Item	Positive androstenone (≥0.5ppm)	Sensory test results of boar-taint		
		Positive(≥3)	False Positive	False Negative
Revelation Incidence(%)	7	9	4	2
Average Carcass Wt.(kg)	78.2	77.5	78.9	76.2

또한 웅취관능검사상 양성으로 판정된 9% 중에도 2%는 허위음성으로 나타났으며 따라서 허위양성이 4%이었다. 4%의 허위양성의 경우 100개의 시료측

정중 대부분 후반부에 검사된 시료에서 나타나 관능검사의 경우 다량의 시료를 측정할 경우 후각이 둔해지므로 오차가 발생된 것으로 판단되었다.

따라서 관능검사요원을 정밀히 선발하고 일정하게 훈련시켰다하더라도 관능검사에 의한 웅취돈의 판별법을 현장에 적용하기 위해서는 50두 이상 다량의 시료에 대하여 검사할 경우에는 휴식시간을 충분히 가진 후 검사에 임해야 할 것으로 판단된다.

제 9 절 Aromascan을 이용한 웅취판별법 개발시험

반도체폴리머센서와 냄새 분자간의 흡착 및 탈착 반응을 모니터링하여 냄새에 대한 정보를 그래픽 및 디지틀화한 기계인 Aromascan(Model A32, 미국 Aromascan사)을 이용하여 웅취를 측정하고자 androstenone 0.5ppm 미만의 시료와 0.5ppm 이상의 시료를 각각 2 group으로 나누어 측정한 결과 서로 판별이 가능하였으며 측정조건은 돈육시료를 50℃에서 30분간 방치 후 측정 전후 reference time(안정화 시간)은 각각 30초, 120초, 측정 시간은 120초, sensor 세척 시간은 30초이었다(Fig.18.) Aromascan에 의한 웅취검사법은 현장적용시 비교적 저렴한 기기비용 및 운전비용으로 경쟁력이 있으나 측정 시간이 1점당 5분 이상 소요되므로 현장적용시에는 불리한 검사법으로 판단되었다.

제 4 장 결론 및 건의사항

제 1 절 결 론

1. 국내 돈육시료의 skatole 및 indole 성분 분석

비거세돈의 등지방에서 분석된 skatole함량은 평균 0.174 ppm으로 암퇘지(0.049 ppm) 및 거세돈(0.061 ppm)과 유의적인 차이 (P<0.05)를 나타내었으며 최저 0.02 ppm, 최고 0.510 ppm의 광범위한 분포를 나타내었다. 전체 비거세돈의 52%는 0.05 ppm이하의 skatole 함량을 나타내었으며 기존의 웅취 판별기준인 0.25 ppm 이상인 시료는 전체의 4.5%를 차지하였다. 국내 수퇘지 200두를 시료로 하여 등지방의 indole함량을 분석한 결과, 비거세돈은 평균 0.105 ppm으로 암퇘지(0.0185 ppm)나 거세돈(0.021 ppm)과 유의적인 차이 (P<0.05)를 나타내었으며 최저 0.01 ppm, 최고 0.420 ppm의 광범위한 분포를 나타내었다. 전체 비거세돈의 63%는 0.05 ppm이하의 indole 함량을 나타내었으며 0.25 ppm 이상인 시료는 전체의 4.2%를 차지하였다.

2. 국내 돈육시료의 steroid 물질의 분석

웅취관련 steroid 물질은 5α-androst-16-en-3-one, 5α-androst-16-en-3α-ol 및 5α-androst-16-en-3β-ol 등이다. 비거세돈의 등지방에서 분석된 5α-androst-16-en-3-one함량은 평균 0.185 ppm으로 암퇘지(0.064 ppm)나 거세돈(0.054 ppm)과 유의적인 차이(P<0.05)를 나타내었으며 최저 0.002 ppm, 최고 0.82 ppm의 광범위한 분포를 나타내었다. 전체 비거세돈의 30%는 0.10 ppm이하의 5α-androst-16-en-3-one함량을 나타내었으며 기존의 웅취판별기준인 0.50 ppm 이상인 시료는 전체의 5.6%를 차지하였다. 국내 수퇘지 200두를 시료로 하여 등지방의 5α-androst-16-en-3α-ol 및 5α-androst-16-en-3β-ol함량

을 분석한 결과, 비거세돈은 암퇘지나 거세돈에 비하여 유의적인 차이를 나타내었으며 5α-androst-16-en-3β-ol은 최저 0.002 ppm, 최고 0.430 ppm의 분포를 나타내었으며 5α-androst-16-en-3α-ol은 최저 0.001 ppm, 최고 0.431 ppm의 분포를 나타내었다. 전체 비거세돈의 1.6%(5α-androst-16-en-3β-ol)와 2.4%(5α-androst-16-en-3α-ol) 만이 0.25 ppm이상의 함량을 나타내어 기여도의 불확실성과 함께 기준물질로서의 적용이 부적절하다고 판단되었다.

3. 웅취관련물질 분석과 관능검사 결과와의 상관관계

비거세돈 시료에서 웅취관련성분을 화학적 분석법으로 분석한 결과와 관능검사결과 사이의 관계를 회귀계수로 표시한 결과 가장 높은 상관관계를 보인 것은 관능평가에 의한 웅취강도와 androstenone함량과의 회귀계수(0.511)이었다. Skatole함량을 웅취강도에 비교하였을 때 두 값의 회귀계수는 0.410으로 androstenone보다는 다소 낮은 상관성을 나타내었다. 이 두물질과 관능검사와의 상관관계는 indole이나 다른 steroid 화합물들(5α-androst-16-en-3α-ol 또는 5α-androst-16-en-3β-ol)을 관능검사에 대비시킨 결과보다는 높은 상관성을 보여주었다. 이는 기존연구에서 보고한 것에서 크게 벗어나지 않았으며 이러한 결과는 skatole과 androstenone이 개별적으로 웅취의 발생에 기여하는 것이 아니라 상호관계에 의하여 전체적으로 관능적 성질을 결정한다는 것을 의미하였다.

4. 거세돈과 웅취발현돈육의 지방산 비교분석

비거세돈 30두에 대한 웅취관련성분의 함량과 지방산 조성과의 관계를 검토하기 위하여 각 시료에 대한 지방산조성을 GC를 이용하여 측정하였을 때 시료 중의 각 지방산 조성은 달랐으나 가장 많은 조성비를 가진 것은 탄소수 18개에 이중결합 1개인 oleic acid로 평균조성비는 40.3%였다. 그 다음으로 높은 조성비를 가진 것은 탄소수 16개의 포화지방산인 palmitic acid로 평균

조성비는 22.42%였다. 각 지방산과 웅취의 발현과의 관계를 살펴보기 위하여 관능검사결과와 각 시료의 지방산 조성을 비교 검토한 결과 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다.

5. 기존 분석법을 이용한 웅취원인물질의 검사 및 웅취검사법의 정확도 검토

돈육의 웅취관련성분 분석법의 정확도를 검토하기 위하여 스케톨함량 분석에 사용된 colorimetry법과 HPLC법 사이의 직선회귀분석 함수는 y = 0.47x + 0.029이었으며 상관계수 r값도 0.8875이었다. 한편, androstenone에 대해서는 GC법과 ELISA kit를 이용한 방법 사이의 직선회귀를 분석한 결과의 함수는 y = 1.34x - 0.0911이었으며 이때의 상관계수 r값은 0.9012로 나타났다. 이러한 결과로 스케톨 분석에 이용한 HPLC법과 colorimetry법 사이에 비교적 높은 상관관계가 성립함이 밝혀졌으며 andrstenone분석법인 GC법과 ELISA법 사이에는 더욱 높은 상관관계가 성립함이 밝혀졌다. 따라서 HPLC 또는 GC를 이용한 스케톨과 안드로스테논 분석 대신 비교적 간편한 colorimetry 혹은 ELISA 측정법을 사용하여 스케톨과 안드로스테논의 분석에 이용이 가능한 것으로 판단되었다. 그러나 colorimetry법으로 스케톨을 분석할 경우 측정기기가 고가(1일 2,000두 분석가능기기 1대당 21억원)이며 ELISA법으로 분석할 경우 kit의 가격이 고가(시료 1점당 약 1만원, 1일 2,000두 분석시 kit값만 2,000만원)이므로 현장 적용에는 문제점이 될 것으로 밝혀졌다.

6. NIR(근적외선분광분석법)에 의한 웅취돈 검색방법의 개발 및 검증시험

기호도(Sensory)와 스케톨(Skatol) 및 안드로스테논(Androstenone)의 검량식을 구하고 이를 검증하기 위해 수집된 시료를 정량분석 범위에 고르게 분포하도록 두 개의 집단으로 나누어 하나는 검량식 작성을 위하여 사용하였고(Calibration Data Set) 그 나머지는 검증을 위해(Validation Data Set)사용하였으며 기본요소분석(Principle Component Analysis : PCA)을 중심으로

하는 부분최소제곱 회귀분석(Partial Least Square Regression)을 수행하여 최적의 모델을 선발하였다. 다중변형법에 의한 기호도와 스펙트럼과의 상관관계를 유도하였으며 부분최소제곱법을 사용하여 최대 10개의 모델(Factor) 중 예측치(MSECV)가 최소화되는 모델을 선발하였고 이때의 결과로서 상관도(R)는 0.9202이며 검량선 작성시의 오차(SEC)는 0.2673 으로써 이를 검증하였을 때의 검증상관도(Validation Relation:VR)는 0.933이었으며 실행시의 오차(Standard Error of Performance: SEP)는 0.140이었다. 스케톨과 스펙트럼과의 검량식과 검증식을 유도한 결과 상관도(R)는 0.9557이었으며 검량선 작성시의 오차(SEC)는 0.0464로써 이를 검증하였을 때 검증상관도(VR)는 0.992, 실행오차(SEP)는 0.206으로 나타났다. 안드로스테논과 스펙트럼과의 검량식을 유도한 결과 상관도(R)는 0.9592이었으며 검량선 작성시의 오차(SEC)는 0.1321로써 이를 검증하였을 때 검증상관도(VR)는 0.977, 실행오차(SEP)는 0.832로 나타났다. 이상의 결과로부터 근적외선분광분석법에 의한 웅취의 기호도, 스케톨 및 안드로스테논의 세 가지 성분을 동시에 분석할 수 있으므로 기존의 분석보다 신속하게 현장에서 판별할 수 있으리라 사료된다. 여기서 비닐백의 C-H 피크의 중첩을 고려하지 않았는데 이를 고려 C-H 피크가 없는 포장재를 사용하던가 아니면 포장재 없이 바로 측정하는 것이 바람직하리라 사료된다. 근적외선분광분석법에 의해 웅취를 판별할 경우 측정소요시간 1점당 30초 내외로서 적용성이 높으며, 소모성 경비는 극히 미미하여(전기료 정도) 분석장비도 1억원 내외로 저렴하여 현장 적용에 가장 유리한 검사법으로 판단되었다.

7. 새롭게 확립된 관능검사법의 웅취판별을 위한 현장적용시험

웅취를 판별할 수 있는 관능검사요원의 선발은 800ng의 안드로스테논 용액을 hedonic response 시험에 의하여 감지할 수 있는 요원으로 한정하여 선발하였고 돈육에 대한 관능검사시에는 4점 hedonic scale을 사용하여 3점 이상일 경우 웅취가 발현하는 것으로 구분하였다. 관능검사에 사용된 전기인두

는 당 연구원에서 전기로서 온도조절이 가능하게 제작하였으며 160℃에서 4초간 돼지도체의 등지방에 적용하여 발생하는 냄새를 순간적으로 감지하도록 하였으며 100두에 대하여 관능검사와 함께 안드로스테논 함량을 측정한 결과 3점 이상의 웅취강도를 나타낸 시료는 9%이었으나 안드로스테논 분석결과에 의하면 0.5ppm 이상의 양성을 나타낸 시료수가 7%에 불과하여 2%의 차이를 나타내었다. 또한 웅취관능검사상 양성으로 판정된 9% 중에도 2%는 허위음성으로 나타났으며 따라서 허위양성이 4%이었다. 따라서 관능검사요원을 정밀히 선발하고 일정하게 훈련시켰다 하더라도 관능검사에 의한 웅취돈의 판별법을 현장에 적용하기 위해서는 50두 이상 다량의 시료에 대하여 검사할 경우에는 휴식시간을 충분히 가진 후 검사에 임해야 할 것으로 판단되었다. 본 연구에서 새롭게 확립된 관능검사법으로는 현장적용시 별도의 장치가 필요 없이 검사요원의 훈련만으로 적용이 가능하나 다량의 시료를 측정할 경우 기기를 사용한 검사법에 비해 정확도가 떨어질 것으로 판단되었다.

8. Aromascan을 이용한 웅취판별법 개발시험

반도체폴리머센서와 냄새 분자간의 흡착 및 탈착 반응을 모니터링하여 냄새에 대한 정보를 그래픽 및 디지틀화한 기계인 Aromascan(Model A32, 미국 Aromascan사)을 이용하여 웅취를 측정하고자 androstenone 0.5ppm 미만의 시료와 0.5ppm 이상의 시료를 각각 2 group으로 나누어 측정한 결과 서로 판별이 가능하였으며 측정조건은 돈육시료를 50℃에서 30분간 방치 후 측정 전후 reference time(안정화 시간)은 각각 30초, 120초, 측정 시간은 120초, sensor 세척 시간은 30초이었다. Aromascan에 의한 웅취검사법은 현장적용시 비교적 저렴한 기기비용 및 운전비용으로 경쟁력이 있으나 측정 시간이 1점당 5분 이상 소요되므로 현장적용시에는 불리한 검사법으로 판단되었다.

제 2 절 건의사항

본 연구결과 비거세웅취돈의 판별을 위하여 사용가능한 검사법은 기존 측정법인 androstenone 측정을 위한 ELISA법, GC법 및 skatol 측정을 위한 HPLC법 및 colorimetry법 등을 들 수 있으며 본 연구에서 새롭게 개발 또는 확립된 검사법으로서는 근적외선분광분석기를 이용한 검사법, 냄새측정기기인 Aromascan을 이용한 측정법 및 기존의 관능검사법을 개선 및 새롭게 확립한 전기인두법을 들 수 있겠다. 그러나 현장에서 적용가능한 검사법으로서는 전기인두법 및 근적외선분광분석기를 이용한 검사법을 추천할 수 있겠다.

제 5 장 참고문헌

Andresen, O. and Bakke, H. 1975. 5α-Androstenone in fat from boars selected for rate of gain and thickness of back fat and from boars used in artificial insemination service, Act. Vet. Scand., 16: 492.

Bjarno, O-C. 1980. Process for detection of particular quality properties in individual articles of food. U.S. Patent 4,384,206.

Bonneau, M. 1987. Effects of age and live weight on fat 5α-androstenone levels in young boars fed two planes of nutrition. Reprod. Nutr. Dev. 27:413.

Bonneau, M. and Sellier, P. 1986. Fat androstenone content and development of the genital system in young large white boars: genetic aspects. World Rev. Anim. Prod. 22:27.

Brennan, J.J., Shand, P.J., Fenton, M., Nicholls, L.L. and Aherne, F.X. 1986. Androstenone, Androstenol and odor intensity in backfat of 100- and 130-kg boars and gilts.

Brooks, R.I. and Pearson, A.M. 1989. Odor threshold of the C19-Δ 16-steroids responsible for boar odor in pork. Meat Science, 24:11.

Claus, R., Hoffman, B. and Krag, H. 1971. Determination of 5-alpha-andros-16-ene-3-one, a boar taint steroid in pigs, with reference to relationships to testosterone. J Anim. Sci., 33:1293.

De Brabander, H.F., Verbeke, R., Dirinck, P. and Casteels, M. 1985. Boar taint in belgian landrace pigs in relation to the androstenone content. 31th Int. Congr. Meat Sci. and Technol. pp 778-781.

Dehnhard, M., Claus, R., Hillenbrand, M. and Herzog, A. 1993. High-performance liquid chromatographic method for the determination of 3-methylindole(skatole) and indole in adipose tissue of pigs. J. Chromatogr. 616: 205.

Garcia-Regueiro, J.A., Hortos, M., Arnau, C. and Monfort, J.M. 1986. Determination of skatole and indole in backfat of pigs by HPLC. J. High Resolut. Chromatogr. Chromatogr. Commun. 9: 362.

Garcia-Regueiro, J.A. and Diaz, I. 1989. Evaluation of contribution of skatole, indole, androstenone and androstenols to boar-taint in backfat of pigs by HPLC and Capillary Gas Chromatography(CGC) Meat Science, 25: 307.

Gibis, M., Dehnhard, M. and Fischer, A. 1992. Relationship between the content of skatole and indole in backfat and lean pork obtained by a new HPLC method. 37th International congress of meat science and technology, pp1143-1146.

Hansen-Moller, J. and Anderson J.R. 1994. Boar-taint-analytical alternatives. Fleischwirtsch, 74(9): 963.

Hansson, K.E., Lundstrom, K., Fjelkner-Modig, S. and Persson, J. 1980. The importance of androstenone and skatole for boar taint. Swedish J. Agric. Res. 10: 167.

Jarmoluk, L., Martin, A.H. and Freeden, H.T. 1970. Detection of boar taint in pork. Con. J. Anim. Sci., 50: 750.

Judge, M.D., Mills, E.W., Orcutt, M.W., Forrest, J.C., Diekman, M.A., Harmon, B.G., Lin, R.S. and Nicholls, L.L. 1990. Utilization of boar meat: composition, quality and odor incidence in relation to androstenone and skatole. J. Anim. Sci. 68: 1030.

Landon, A. 1977. Meat from boars. Pig Farming, July.

Lin, R.S., Orcutt, M.W., Patterson, J.A. and Judge, M.D. 1991. Serum skatole detection using gas chromatography and high performance liquid chromatography, Meat Science, 30: 33.

Lundstrom, K., Hasson, K-E, Fjelkner-Modig, S. and Persson, J. 1980. Skatole- Another contributor to boar taint. Proc.26th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol, pp 300-303.

Lundstrom, K., Malmfors, B., Malmfors,G., Petersson, H., Stern, S., Mortensen, A.B. and Sorensen, S.E. 1984. Boar taint and bitter taste as affected by androstenone and skatole. Proc. 30th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol. pp 397-398.

Lundstrom, K., Malmfors, B., Malmfors, G., Stern, S., Peterson, H., Mortensen, A.B. and Sorensen, S.E. 1988. Skatole, androstenone and taint in boars fed two different diets. Livest. Prod. Sci. 18: 55.

Malmfors, B. and Lundstrom, K. 1983. Consumer reactions to boar meat- a review. Livestock Production Science, 10: 187.

Mortensen, A.E., Bejerholm, C. and Pedersen, J.K. 1986. Consumer test of meat from entire males, in relation to skatole in backfat. Proc. 32th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol. pp 23-26.

Mortensen, A.B. and Sorensen, S.E. 1984. Relationship between boar taint and skatole determined with a new analysis method. Proc. 30th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol. pp 394-396.

Patterson, R.L.S. 1968. 5α-Androst-16-ene-3-one: -Compound responsible for taint in boar fat. J. Sci. Food Agric. 19: 31.

Peleran, J.C. and Bories, C.F. 1985. Gas chromatographic determination and mass spectrometric confirmation of traces of indole and 3-methylindole(skatole) in pig back fat. J. Chromatogr. 324: 469.

Porter, M.G., Hawe, S.M. and Walker, N. 1989. Method for determination of indole and skatole in pig fat. J. Sci. Food Agric. 49: 203.

Vahlun, S. 1993. Production of entire male pigs in Denmark. Danish Meat Research Institute Manuscript No. 1103E.

Vold, E. 1970. Fleischproduktionseigenschaften bei Ebern und Kastraten. IV. Organoliptische und gaschromatographische Untershuchngen wasserdmpffluchttiger Stoffe des Ruckenspeckes von bern. Report No. 238. Institute of aminal genetics and breeding, NLH, Vollebekk, Norway.

Walstra, P. 1974. Fattening of young boars: Quantification of negative and positive aspects. Livestock Production science, 1: 187.

Walstra, P., Engel, B. and Mateman, G. 1986. The androstenone-skatole dilemma as applied in a consumer test. Proc. 32th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol. pp 27-29.

정숙근, 정진관, 손길호, 박영일. 1987. 돼지 생산 능력 개선에 관한 연구. 농촌진흥청 축산시험장 시험연구보고서. 축산-축시-양돈-1.

최진호. 1994. 수퇘지고기의 웅취문제과 해결방법. 최진호연구소.