

豚肉のフレーバーリリースプロファイリングと香気マッピングに関する研究

大川清充¹⁾・石井貴茂¹⁾・前田育子²⁾・須永静二²⁾

1) 現：茨城県農林水産部畜産課， 2) 現：茨城県県北家畜保健衛生所

Studies on flavor release profiling and flavor component mapping about pork

Kiyotaka OHKAWA, Takashige ISHII, Ikuko MAEDA and Seiji SUNAGA

要 約

同一豚肉から発生するガスの経時変化について、高感度ガス分析装置（四重極形質量分析計）を用いて、非選択的に測定した。豚肉から発生するガスの経時変化は、複数のグループに分けられるが、全体としては減少傾向を示した。また、豚肉のにおいに関する分析型官能評価では、保存期間により、においの感じ方に差がみられた。PLS 回帰の結果、ガス量の減少は、異臭を減らす方向に働き、香気を強く感じる方向に働いた。

キーワード： 高感度ガス分析装置，四重極形質量分析計，分析型官能評価，PLS 回帰

緒 言

食肉の評価に関しておいしさが重視される傾向にある。おいしさには、フレーバー（におい）とフレーバーリリース（鼻から抜けるにおい、咀嚼香）が重要とされるが、研究はほとんど行われていない。一方、食肉は熟成により風味が向上することは広く知られているが、熟成過程で豚肉から発せられるガス成分（におい）およびその経時変化については明らかにされていない。

従来、ガス成分の分析には、ガスクロマトグラフ質量分析計が広く用いられているが、一般に豚肉のガス成分の測定の際には、キャピラリーカラムの使用による目的物質の抽出並びに濃縮等の前処理が必要なため、同一の豚肉から発生するガスを経時的に分析することはできない。

そこで本試験では、分析試料を非破壊的に測定が可能である質量分析計の一種である、高感度ガス分析装置^{1) 2)}を用いることにした。これは、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が開発した装置で、同一試料から発生するガスを抽出並びに濃縮することなく、連続して測定することが可能である。

本試験では、始めに高感度ガス分析装置を用いて、豚肉から発生するガスが、保存期間（熟成）に経時的にどのように変化するのか分析した。次に、豚肉の熟成がフレーバーリリースについてどのような影響を及ぼすのか、官能評価を行い調査した。

そして、熟成中に豚肉から発生するガスの変化とフレーバーリリースとの関連性について検討した。

材料および方法

1 豚肉から発生するガスの測定条件

1) ガス測定用試料の調製法

測定用豚肉は、ロース部位とし、背最長筋に皮下脂肪層が 1cm つくように、縦 5cm×横 5cm×高さ 5cm（赤身 4cm 厚，皮下脂肪層 1cm 厚）に成形した。

次に豚肉をガス採取用のシリコンチューブを差し込んだポリエチレン袋（縦 250mm×横 200mm×厚さ 0.05mm）に入れ、袋内の空気をシリンジで除いた後、標準空気（ジャパンファインプロダクツ株式会社製）を 300ml 注入し、密封した（図 1）。これを高感度ガス分析装置測定用の試料とし、ガス採取時以外は 4℃に設定した冷蔵庫（日本フリーザー株式会社製 UKS-5410DHC 型）内で保存した。



図 1 ガス測定用試料

2) ガス測定および処理法

ガス測定および測定値の統計的処理方法は、秦野ら³⁾の方法に準じて行った。すなわち、測定日毎に試料ガス（ポリエチレン袋内のガス）ならびにガスボンベから標準空気をシリンジで採取（5ml）し測定した。測定スペクトルは、比較前に排気時定数による圧力補正と m/z 40 のイオン化電流値で規格化（無次元化）した。

保存期間中に肉から発生するガスの経時変化を評価するため、標準空気を基準とし測定データを m/z 毎に規格化イオン化電流値の加算平均と標準偏差を求めて、これを使用した。 m/z 毎に標準空気を基準とし試料との変化を標準空気の標準偏差 σ で割って変数 z とした。

$$z (m/z) = [(X_m - \mu_{\text{air}}) / \sigma_{\text{air}}] (m/z)$$

X_m は肉の m/z 毎の規格化イオン化電流値、 μ_{air} は標準空気の m/z 毎の規格化イオン化電流値の加算平均、 σ_{air} は標準空気の m/z 毎の規格化イオン化電流値の標準偏差を示す。

そして、 $z > 1$ 、すなわち豚肉ガスが σ_{air} よりも大きいものを豚肉から発生した主要なガスとした。

2 豚肉から発生するガスの測定

1) 豚肉から発生するガスの経時変化

(1) 材料

食肉処理場からと畜翌日に解体した2頭分のロース部位を入手した。この2頭からそれぞれガス測定用試料を4個調製した。

(2) 測定期間

測定期間は2週間とし、その間にガス測定用試料から適宜ガスを採取し、合計7回測定を行った。

ガス測定用試料調製時における標準空気の封入は、と畜後2日目（測定開始時）およびと畜後7日目（測定開始6日目）に行った。

(3) 細菌数検査

測定期間中における豚肉の細菌数の変化を検査するため、(2)のガス測定用試料と同様の調製を行った試料を、供試豚1頭あたり6個調製した。この試料の細菌数についてガス測定期間に適宜検査を実施した。

検査は、期限表示のための試験方法ガイドライン⁴⁾に基づき、一般細菌数について検査した。

2) 解凍豚肉から発生するガスの経時変化

(1) 試料

当所で慣行法により飼養した、三元交雑種（W・L・D）去勢豚1頭を用いた。肥育終了後、所内でと畜し、衛生検査を受検後、冷温庫内（設定温度2.5℃）で放冷した。翌日に枝肉を解体し、皮下脂肪層が付着したロース部位を得た。

ロースは、卓上式真空包装機（株式会社エヌ・ピー・シー製 KN-3 型 以下、真空包装機と表記）で包装し、試験実施まで冷凍庫（日本フリーザー株式会社製 SF-53U 型）で凍結（設定温度-45℃）保存した（以下、凍結保存と表記）。

凍結したロースは、ガス測定前日に冷蔵庫内で解凍し、測定当日に成形し、ガス測定用試料を2個調製した。なお、試料の肉は、と畜後2日（解体時1日および解凍時1日）が経過したもののみとした。また、比較対象として、食肉処理場からと畜翌日に、解体した去勢肥育豚1頭分のロース部位を入手した。このロースを成形後、翌日高感度ガス分析装置測定用試料を調製し、測定を行った（と畜後2日経過）。

(2) 測定期間

測定期間は、3週間とし、その間に試料からガスを適宜採取し、合計10回測定を行った。

3 嗜好型官能評価

1) 材料

当所で慣行法により飼養した三元交雑種（W・L・D）去勢豚2頭を用いた。

肥育終了後、所内でと畜し、衛生検査を受検後、冷温庫内（設定温度2.5℃）で放冷した。翌日に枝肉を解体し、皮下脂肪層が付着したロース部位を得た。

ロース部位は、真空包装機で包装し、試験実施まで凍結保存した。

2) 豚肉の成形

凍結保存した、と畜翌日のロース部位を試験実施日の前日ならびに6日前に、それぞれ冷蔵庫内で解凍し、と畜後2日目と7日目の豚肉とした。

豚肉は、背最長筋に皮下脂肪層が1cmつくように、縦5cm×横5cm×厚さ0.2cmに成形した（図2）。

3) 調理方法

ステンレス製の鍋に蒸留水（和光純薬製）を入れ、IH調理器（株式会社DRETE製 CDI-106BK）を用いて沸騰させた。成形した豚肉をステンレス製のザルに並べ、沸騰水中入れ、60秒間加熱した（図3）。加熱後、ザル引き上げ、水を切り、放冷したものを官能評価用サンプルとした。

4) 展示方法

茹でた豚肉は、ふた付きのA-PET製カップに入れ、コード(3桁の無作為番号)を記載したラベルを貼り付け、官能評価用試料とした。豚肉の供試順は、ラテン方格法により配置した。

5) パネル

官能評価は2回実施し、1回目は団体職員24名、2回目は当所職員等27名、合計51名(男性27名および女性24名)を対象に実施した。

6) パネルコントロール

試験実施に際しては、サンプルの素性、原料および調理条件等に関するインフォームド・コンセントを行い、同意した者のみパネリストとした。

また、試験は、オールイン・オールアウト方式で実施した。

7) 評価方法

評価はブラインド方式とし、2点比較法で実施した。評価項目は、豚肉のにおいおよび食感等を対象とし、それらの嗜好または強度について9つの項目を設定した(表1)。

8) 統計処理

試料間の比較は二項検定で行った。嗜好(味、香り、食感、全体、かみ切り)に関する項目は両側検定とし、強度(うまみ、豚肉臭、血臭およびミルク臭)に関する項目については、片側検定で判定した。

また、各項目の関連性については、 χ^2 検定(独立性の検定)およびコレスポンデンス分析を行った。



図2 官能評価用豚肉



図3 ブタ肉の調理

表1 嗜好型官能評価回答用紙(例)

設問	回答欄(いずれかに○印)	
	436	252
味が好ましいのはどちらですか?		
香りが好ましいのはどちらですか?		
食感が好ましいのはどちらですか?		
全体として、どちらが好ましいですか?		
うま味が強いのはどちらですか?		
豚肉臭が強いのはどちらですか?		
血臭(鉄臭)が強いのはどちらですか?		
ミルク臭が強いのはどちらですか?		
かみきりやすいのはどちらですか?		

4 ガス成分のグループ化および分析型官能評価によるにおい物質候補の推定

1) 材料

当所で慣行法により飼養した三元交雑種(WL・D)の同腹去勢豚4頭を用いた。

このうち、2頭には、粉碎処理(2mmメッシュ、70%以上)した飼料用米(品種名 みずほちから)を配合飼料の30%代替(重量比)したものを肥育後期に給与した(以下、飼料用米区と表記)。残りの2頭については配合飼料のみで肥育を行った(以下、対照区と表記)。

両区とも所内でと畜し、衛生検査を後、冷温庫内(2.5℃)で放冷した。翌日に枝肉を解体し、皮下脂肪層が付着したロース部位を得た。

このうち、各区1頭ずつをガス測定用試料とし、残りは真空包装器で包装し、官能評価試験の実施まで、凍結保存した。

2) ガス成分の分類

(1) 高感度ガス分析装置測定用試料の調製

飼料用米区および対照区ともに1頭につき2個の高感度ガス分析装置測定用試料を調製した。

調製方法は、材料および方法の「1 高感度ガス分析装置による豚肉ガスの測定条件の設定」と同様に行った。

(2) 測定期間

測定期間は30日間とし、この間に適宜ガスを採取し、合計13回ガスの測定を行った。

(3) ガス成分のグループ化

グループ化に際してガスの測定は、「材料および方法の2) ガスの測定」と同様の方法で測定を実施した。

検出値は、圧力補正および m/z 40のイオン化電流値での規格化は行わず、 m/z 毎に時系列成分パターン類似解析を行い、グループ化した。グループ化の条件として、測定期間中にデータの変動(平均÷標準偏差)が30%以上の m/z グループを対象とし、類似度(時系列間距離)をもとにグループ化した。グループ化する類似度の判断として、類似度が0.990以上を対象とし、グループ化した m/z 毎の規格化イオン化電流値を合計した。

(4) 細菌数検査

飼料用米区および対照区から、それぞれ7個の細菌検査用試料を調製した。調製方法および検査方法は、「2 高感度ガス分析装置

による豚肉ガスの経時変化」の「測定 (3) 細菌数検査」と同様とした。

3) 分析型官能評価

(1) 豚肉の調製

凍結保存したロース部位を、飼料用米区および対照区ともに試験実施日の前日と6日前に冷蔵庫内で解凍し、と畜後2日目と7日目の豚肉とした(以下、飼料用米区2日、飼料用米区7日、対照区2日および対照区7日と表記)。豚肉は背最長筋に皮下脂肪層が1cmつくように、縦5cm×横5cm×厚さ0.2cmに成形した。

(2) 調理方法

ステンレス製の鍋に蒸留水(和光純薬製)を入れ、IH調理器(DRETEC製)を用いて沸騰させた。沸騰水中にステンレス製のザルに並べたサンプルをつけて、60秒間加熱後、引き上げ、放冷したものを官能評価用サンプルとした。

(3) サンプルの展示方法

各サンプルには、3桁の無作為番号をふり、供試順はラテン方格法(4行×4列)を用いて、配置した。また、サンプルはふた付きのA-PET製カップに入れ、サンプル番号を記載したラベルを貼り付けた。

(4) パネルの選抜

パネルは嗅覚同定能力測定用カードキット(Open Essence 和光純薬工業株式会社製)を用いて、当所職員ならびに団体職員を対象に選抜した。選抜基準は12種類のうちのうち、10種類以上のにおいを同定できたものとした。

(5) パネルコントロール

試験実施に際しては、サンプルの素性、原料および調理条件等に関するインフォームド・コンセントを行い、同意した者のみパネルリストとした。試験は、オールイン方式とした。

(5) 評価方法

パネルは(4)の選抜基準を満たした12名とした。評価はブラインド方式とし、豚肉のにおいに関する5つの項目について、6段階(非常に感じる～全く感じない)の評点法により反復で実施した(表1)。評価結果は「全く感じない」を1点とし、「非常に感じる」まで1点ずつ加算配点し、集計した。また、

評価に際しては、サンプルとサンプルとの間には、純水(赤ちゃんの純水 和光堂株式会社製)で口すすぎならびに1分間の休憩を実施した。

(6) 統計処理

評価項目毎に分散分析を行った後、試験区毎にTukeyHSD法により、多重比較した。また、主成分分析により、設問間の主成分負荷量およびサンプル毎の主成分得点(第1および第2主成分)を求めた。

表2 分析型官能評価回答用紙(例)

回答欄	←強い(意識しなくても感じる)			(意識しないと感じない)弱い→				
設問	感じる	非常に感じる	たいへん感じる	感じる	かなり感じる	やや感じる	わずかに感じる	全く感じない
豚肉臭								
血臭(鉄臭)								
ミルク臭								
脂臭								
獣臭								

4) PLS回帰ならびににおい物質候補の推定

(1) PLS回帰

高感度ガス分析装置測定値ならび官能評価結果よりPLS回帰(Partial least squares regression)を行い、相互関係について検討した。

因子は、高感度ガス分析装置測定値(グループ化したガス成分)とし、と畜後2日目および7日目の値を用いた。

また、応答は官能評価結果のうち、差のみられた設問について用いた。

(2) におい物質推定

時系列成分パターン類似解析結果を対象に、連動成分による物質を、アメリカ国立標準技術研究所(National Institute of Standards and Technology, NIST)のデータベース⁵⁾から抽出した。抽出条件はm/zスペクトル成分が300以下、連動成分にメインピークがあること、そして連動成分にサブピークを含むこととした。

結果

1 高感度ガス分析装置による豚肉ガスの測定

1) 豚肉から発生するガスの経時変化

図4に豚肉から発生するガス（変数zの合計値）の経時変化を示した。と畜後2日目の豚肉から発生したガスは、と畜後3日目（測定開始2日目）にかけて増加した。その後、と畜後8日目（測定開始7日目）にかけて減少した。一方、と畜後7日目から測定を開始した豚肉では、発生ガス量は増加し続けた。

と畜後2日目から測定を開始した豚肉よりも、と畜後7日目から測定を開始した豚肉の方が測定開始時のガス発生量が少なかった。その後、と畜後14日目には両者のガス発生量は同程度となった。

表3に細菌数の検査結果を示した。と畜後8日目の豚肉の細菌数は、 2.3×10^3 個/gであったが、と畜後10日目には、 2.3×10^6 個/gまで急増した。

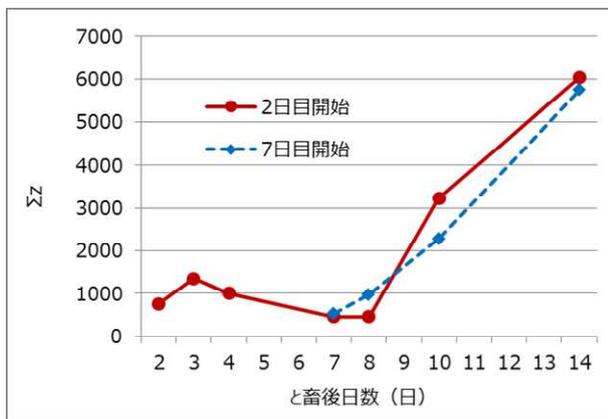


図4 と畜後日数によるガス量の経時変化

表3 細菌数変化 個/g

と畜後日数	細菌数
2日	7.2×10^2
4日	6.0×10^2
7日	6.0×10^3
8日	3.6×10^5
10日	9.7×10^6
14日	4.6×10^7

2) 解凍豚肉から発生するガスの経時変化

図5に解凍した豚肉から発生するガス（変数zの合計値）の経時変化について示した。解凍豚肉から発生したガスは、と畜後2日目（測定開始）から、と畜後3日目（測定2日目）にかけて増加し、その後と畜後8日目（測定7日目）にかけて減少した。

生豚肉から発生したガスも解凍豚肉と同様の变化を示した。また、生豚肉は、と畜後2日目（測定開始）からと畜後3日目（測定2日目）までは、ガス

発生量が解凍豚肉よりも多い傾向を示した。その後は、発生量は解凍豚肉と同程度となり、と畜後10日目（測定9日目）まで、同様の傾向を示した。

表3に生豚肉の細菌数の変化を示した。と畜後8日目の豚肉の細菌数は、 2.3×10^3 個/gであったが、と畜後10日目には、 2.3×10^6 個/gまで急速に増加した。

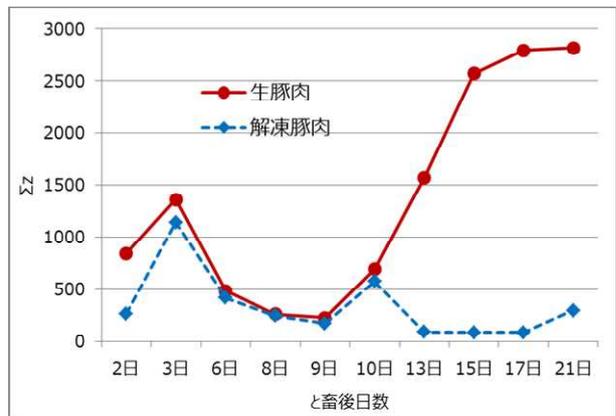


図5 解凍豚肉から発生するガス量の経時変化

表4 生豚肉の細菌数変化 個/g

と畜後日数	細菌数
2日	8.0×10
3日	6.0×10
6日	4.3×10^2
8日	2.3×10^3
10日	2.3×10^6
13日	6.0×10^7
17日	2.0×10^8
21日	2.5×10^8

3 嗜好型官能評価

表4に嗜好型官能評価の二項検定結果を示した。食感は、と畜後7日目の方が有意に好ましい ($p=0.05$) 結果となった。また、ミルク臭についても、と畜後7日目の方が有意に ($p=0.02$) 強く感じた。また、有意差はないが、豚肉臭 ($p=0.08$)、うまみ ($p=0.13$) および血臭 ($p=0.13$) は、と畜後2日目の方が強く感じる傾向がみられた。

表5に独立性の検定結果を示した。肉の全体評価には、香り、豚肉臭および血臭が有意に関係した。

また、香りの評価に対しては豚肉臭および血臭が有意に関係した。

図6にコレスポンデンス分析のカテゴリスコア布置図を示した。ミルク臭はと畜後2日目および7日目ともに他の設問よりも距離が離れる結果となった。

表5 嗜好型官能評価結果 (二項検定) n=51

項目	2日	7日	p値
味が好ましい	21	30	0.26
香りが好ましい	25	26	1.00
食感が好ましい	18	33	0.05
全体として、好ましい	21	30	0.26
うまみが強い	21	30	0.13
豚肉臭が強い	31	20	0.08
血臭(鉄臭)が強い	30	21	0.13
ミルク臭が強い	18	33	0.02
かみ切りやすい	22	29	0.40

表6 嗜好型官能評価結果結果 (χ^2 検定)

項目	χ^2 値	p値
香り×豚肉臭	8.89	0.003
香り×血臭	10.55	0.001
香り×ミルク臭	0.04	0.629
全体×香り	24.55	0.007×10^{-4}
全体×豚肉臭	20.48	0.006×10^{-3}
全体×血臭	18.07	0.002×10^{-2}
全体×ミルク臭	2.37	0.123

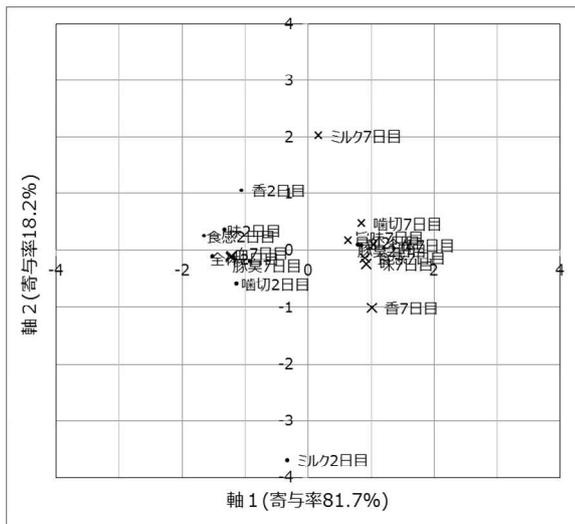


図6 嗜好型官能評価カテゴリスコア布置図

4 ガス成分のグループ化および分析型官能評価によるにおい物質候補の推定

1) ガス成分のグループ化

飼料用米区の豚肉から発生したガスが3グループに分類された結果を図6に示した。第1グループ(構成 m/z 12, 22, 43, 44, 45, 46 および 47)は、初期に上昇したのち、なだらかに下降し、中盤以降また、上昇および下降を示した。次に第2グループ(構成 m/z 32, 33, 34 および 48)は後半に減少するまで、大きな変化がみられなかった。そして第3グループ(構成 m/z 57, 71 および 85)

は中盤以降減少したものの、全体的な変化はゆるやかであった。

次に、対照区の豚肉から発生したガスが3グループ分類された結果を図7に示した。第1グループ、第2グループおよび第3グループを構成する m/z は、飼料用米区と同じであり、各グループの経時変化も同様に推移した。

そして、飼料用米区の豚肉から発生したガスが4グループ分類された結果を図8に示した。第1グループ(構成 m/z 12, 22, 43, 44, 45, 46 および 47)は、初期に上昇したのち、なだらかに下降し、中盤以降また、上昇および下降を示した。次に第2グループ(構成 m/z 32, 33, 34)は、後半に減少するまで、大きな変化がみられなかった。第3グループ(構成 m/z 33, 34 および 48)は、発生量は少ないものの、第2グループとほぼ同様の変化を示した。第4グループ(構成 m/z 71 および 85)は、中盤以降減少したものの、全体的な変化はゆるやかであった。

最後に、対照区の豚肉から発生したガスが4グループ分類された結果を図9に示した。第1グループ(構成 m/z 12, 22, 43, 44, 45, 46 および 47)は、初期に上昇したのち、なだらかに下降し、中盤以降また、上昇および下降を示した。次に第2グループ(構成 m/z 32, 33, 34)は、後半に減少するまで、大きな変化がみられなかった。第3グループ(構成 m/z 57 および 85)は、中盤以降減少したものの、全体的な変化はゆるやかであった。第4グループ(構成 m/z 71 および 85)は、発生量は少ないものの第3グループとほぼ同様の変化を示した。

以上の結果から、飼料用米区および対照区ともに発生量ならびに構成 m/z は異なるものの、経時の変化としては、3種類に大別された。

2) 一般細菌数検査

一般細菌数の検査結果について表7に示した。

対照区では、試験期間後半にあたる、と畜後16日以降から細菌数の急速な増加がみられた。また、対照区では、と畜後20日以降、飼料用米区では、と畜後23日にサンプルにカビが発生した。

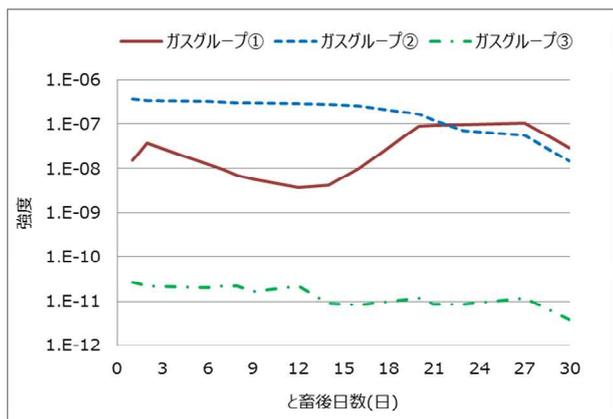


図7 飼料用米区ガスグループの経時変化 (3グループ)

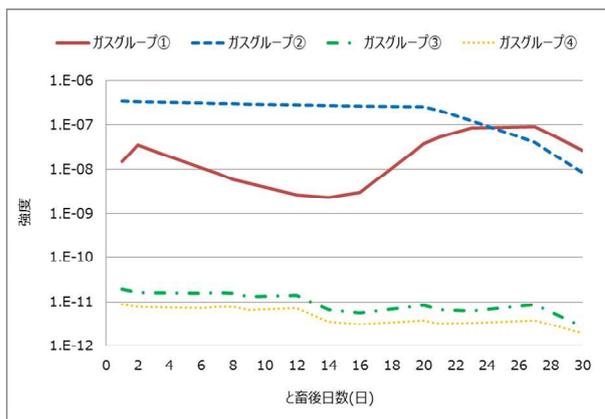


図10 対照区ガスグループの経時変化 (4グループ)

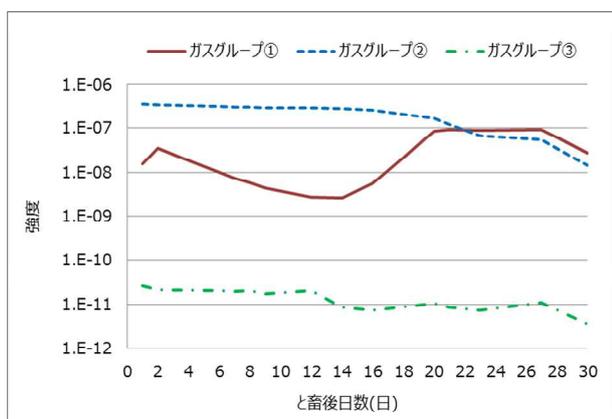


図8 対照区ガスグループの経時変化 (3グループ)

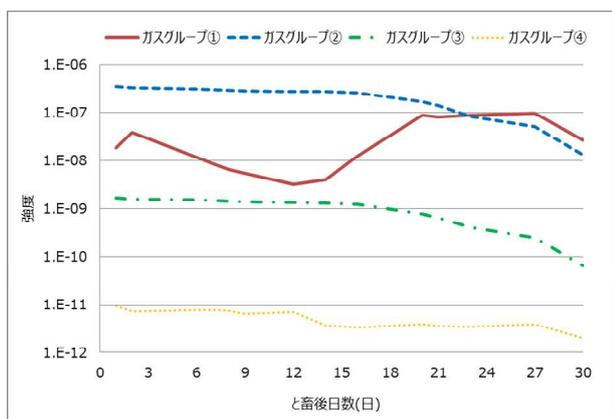


図9 飼料用米区ガスグループの経時変化 (4グループ)

表7 飼料用米区および対照区の細菌数変化 g/個

と畜後日数	飼料用米区	対照区
1日	0	1.0×10
7日	0	1.0×10
9日	2.0×10	6.8×10^2
14日	4.6×10^2	9.7×10^5
16日	8.2×10^2	6.1×10^5
20日	9.8×10^3	1.3×10^6
23日	2.6×10^7	5.0×10^7

2) 分析型官能評価

(1) 分散分析

官能評価の分散分析結果を表8に示した。対照区は、と畜後2日目の豚肉は、と畜後7日目の豚肉に比べて血臭を有意 ($p=0.022$) に強く感じ、獣臭は強く感じる傾向 ($p=0.078$) であった。

また、と畜後7日目の豚肉は、と畜後2日目の豚肉に比べてミルク臭を有意 ($p=0.035$) に強く感じた。

一方、飼料用米区は、と畜後2日目と7日目との間に有意な差はみられなかった。

(2) 主成分分析

主成分負荷量の布値図 (第1主成分×第2主成分) を図10に示した。第1主成分は、寄与率50%であり、第2主成分の寄与率は23%であった。脂臭およびミルク臭は第一象限、豚肉臭、血臭および獣臭は第四象限に位置した。

主成分得点の布置図 (第1主成分×第2主成分) を図11に示した。対照区7日および飼料用米区2日が第一象限、飼料用米区2日が第三象限、対照区2日が第四象限にそれぞれ位置し

た。

表8 分析型官能評価結果 (分散分析) n=12×2

試験区	ミルク臭		血臭		獣臭	
飼料用米区2日	2.4	b	2.8	ab	2.4	ab
飼料用米区7日	2.7	ab	2.8	ab	2.7	ab
対照区2日	2.5	b	3.0	a	2.9	a
対照区7日	3.2	a	2.3	b	2.3	b
有意差	**		**		*	

試験区	豚肉臭	脂臭
飼料用米区2日	3.7	3.2
飼料用米区7日	3.8	3.6
対照区2日	3.8	3.4
対照区7日	3.8	3.6
有意差	NS	NS

異符号間に有意 (傾向) 差有 ** : p<0.05, * : p<0.10

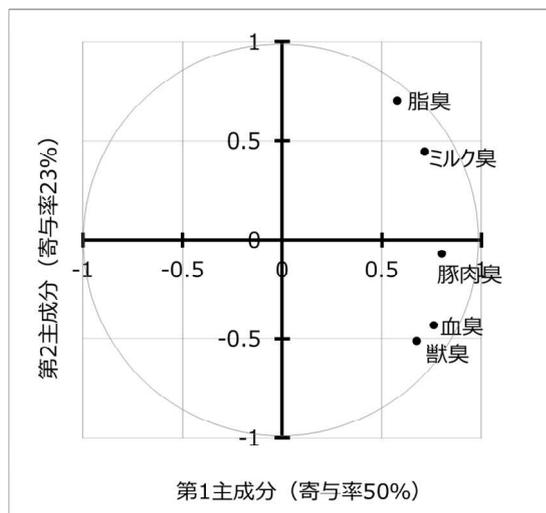


図11 分析型官能評価主成分負荷量の布置図

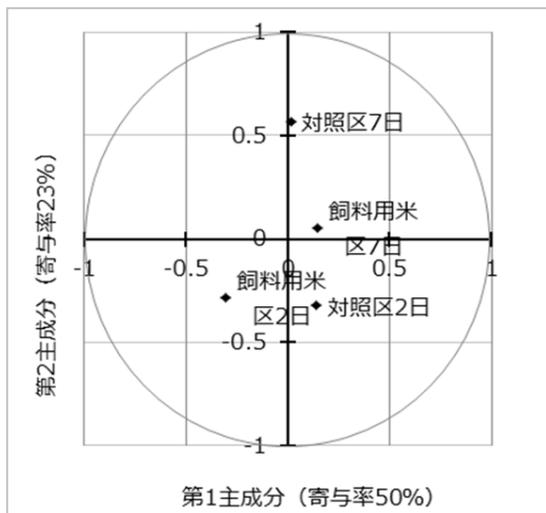


図12 分析型官能評価主成分得点の布置図

3) PLS 回帰

PLS 回帰結果の応答 (官能評価値) および因子 (ガスグループ) の 因子負荷量の布置図を図12に示した。高感度ガス分析装置測定値は、飼料用米区および対照区ともに3グループに分類されたパターンを用い、官能評価値は、有意 (傾向) 差がみられたミルク臭、血臭および獣臭の集計値を用いた。

血臭および獣臭は、ガスグループ③と同じ第一象限に位置した。ガスグループ①および②は、第四象限のほぼ同一の座標に位置した。一方、ミルク臭は、他の項目とは異なり第三象限に位置した。

また、応答および因子の寄与率を表9に示した。PLS成分1で因子 (ガスグループ) のデータ変動の76.7%が説明でき、応答 (官能評価) では、ミルク臭のデータ変動の94.1%が説明できる結果となった。

このため、ミルク臭についてのモデルの当てはまりが最も良好であった。

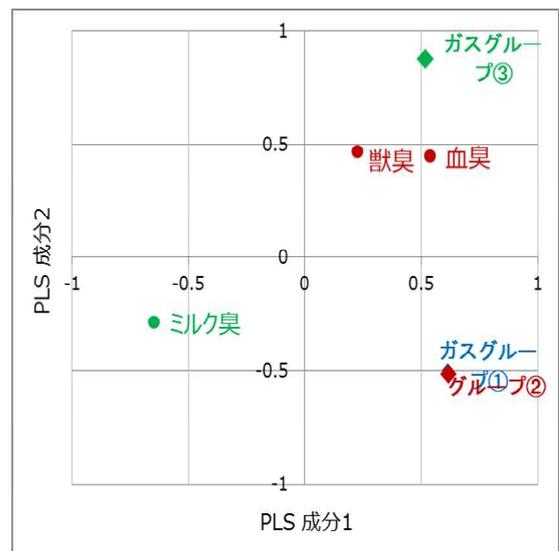


図13 PLS 回帰布置図 (因子負荷量)

PLS 成分	因子寄与率	応答寄与率 %		
		ミルク臭	血臭	獣臭
1	76.7	94.1	64.6	11.5
2	21.9	4.3	10.3	12.6

4) におい物質推定

NIST のデータベースからスペクトルパターンをもとに該当物質を検索し、照合された物質数を表10に示した。飼料用米区から発生するガスは、3グループに分類された場合は、合計117種類の物質が照合されたが、4グループに分類された場合は31種類しか照合されなかった。

対照区から発生するガスは、3グループに分類

された場合は、合計 117 種類の物質が照合され、4 グループに分類された場合は 125 種類の物質が照合された。

飼料用米区および対照区ともに 3 グループに分類された場合は、グループ①から③までの各グループの照合物質数並びに物質名は同一であった。このうち、におい物質としては、グループ②からメチオナル、グループ③から trans-2-ヘキセノールおよび 1-ペンテン-3-オールが該当した。

表 10 物質推定 種類

試験区	グループ①	グループ②	グループ③
飼料用米区	10	7	100
	10	11	7
対照区	10	7	100
	10	11	100

試験区	グループ④	合計*
飼料用米区	-	117
	5	31
対照区	-	117
	5	125

※重複物質は除く

考察

食肉は、と畜後 ATP の減少等にもない、死後硬直を起こし、その後、筋原線維構造の変化により、硬直がとけ、解硬が起こる。この過程が熟成と呼ばれ、筋組織の脆弱化による物理的変化の他に味や香り等の官能特性の向上が知られている。

においについては、熟成前の食肉の生鮮香気は、乳酸様の酸臭や血液・体液臭であるが、熟成によりこれらは消滅するとされる⁶⁾。

本試験では、熟成過程におけるガス（におい）の変化を検討するため、と畜後に採材した同一豚肉（ロース部位）から発生するガスについて高感度ガス分析装置を用いて経時的に測定した。測定結果では、主要なガス成分は、と畜後日数が経過するにつれて、減少傾向を示し、と畜後 7 日目から 10 日目にかけて低位安定した。その後、細菌数の増加に伴うと考えられるガス量の増加がみられた。この変化は、開始時期・期間は異なるものの、と畜・解体後の凍結処理の有無に関わらず、同様の傾向が認められた。

ガス発生量の変化が、人間が感じるにおいと関連があるか、と畜後 2 日目の豚肉と 7 日目の豚肉を用いて嗜好型官能評価試験を行った。官能評価の言葉出しの

過程で、熟成した豚肉から感じるとされた、ミルク臭は、と畜後 7 日目の豚肉の方が有意 ($p < 0.05$) に強く感じるとされた。また、有意差はなかったが、血臭は、と畜後 2 日目の方が強く感じた。この結果から、豚肉から発生する主要なガス量の変化と官能評価との間には関連があることが示唆された。

そして、豚肉から発生するガスの経時変化およびその構成成分について、給与飼料（飼料用米）がどのような影響を及ぼすのか検討した。飼料用米を給与して生産された豚肉から発生するガスは、同様にと畜後 7 日目にかけて減少傾向を示し、と畜後 14 日目以降に細菌数の増加に伴うと考えられる増加がみられた。この一連の変化は、対照区と同様であった。

分析型官能評価では、対照区のと畜後 2 日目と畜後 7 日目の豚肉との間に血臭およびミルク臭に有意 ($p < 0.05$) な差がみられ、獣臭では、傾向差 ($p < 0.10$) がみられた。また、主成分分析の結果、主成分負荷量および主成分得点の布置図から、対照区のと畜後 7 日目の豚肉のにおいはミルク臭、と畜後 2 日目の豚肉のにおいは血臭および獣臭でそれぞれ特徴づけられると考えられた。一方、飼料用米区の豚肉は、と畜後 2 日目と畜後 7 日目の豚肉との間に有意差はみられず、主成分分析結果でも、と畜後 2 日目の豚肉は、どのにおいとも関連づけられなかった。

佐々木ら⁷⁾は、トウモロコシを単に飼料用米に置換しただけでは、慣行豚肉との間に識別可能な官能特性上の違いは生じない可能性を示唆している。本試験でも、と畜後の日数が同じ場合は、飼料用米区と対照区との間ににおいの差はなかったが、飼料用米区のと畜後 2 日目と対照区のと畜後 7 日目の豚肉との間にミルク臭については、有意 ($p < 0.01$) な差がみられた。

以上のことから、飼料用米の給与は、配合飼料のみで肥育された豚肉に比べて、と畜後の日数（熟成）によるにおいの差を減少させる可能性が示唆された。また、配合飼料のみで生産された豚肉よりも、においにくせ（特徴）のない豚肉が生産される可能性が示唆された。

最後に PLS 回帰の結果では、血臭および獣臭は、ガスグループ③との関連が強い結果となった。しかし、ガスグループ③からは、血臭および獣臭に直接該当すると考えられるにおい物質は照合されなかった。

このため、高感度ガス分析装置による反復測定を実施することで、測定データの精度を高める必要があると思われた。また、茹でた豚肉から発生するガスの測定方法ならびに主要なにおい物質である 1-Octen-3-ol およびヘキサナール等⁸⁾の推定方法についても検討する必要があると思われた。

また、ミルク臭については、嗜好型官能評価でも分析型官能評価でも、と畜後2日目の豚肉に比べて、と畜後7日目の豚肉方が有意 ($p < 0.05$) に強く感じる結果となった。しかし、高感度ガス分析装置の測定結果では、と畜後7日目まで増加するガスブルーブはみられなかった。このため、ミルク臭は、特定のにおい物質の増加により強く感じるのではなく、と畜直後は他のにおい物質があるため感じにくい(マスクング効果)、保存期間(熟成)が長くなるにつれ、これらのにおい物質が減少することで顕在化し、人間が感じやすくなるのではないかと考えられた。ミルク臭は、嗜好型官能評価では、全体評価および香りの評価に関係なく、コレスポンデンス分析の結果でも、他の項目とは距離が離れており、関連性が希薄であった。このため、ミルク臭については、他の項目とは関連なく、独自に評価される可能性がある。

謝 辞

高感度ガス分析装置による豚肉から発生するガスの測定ならびに測定結果の分析方法につきまして、ご協力いただきました、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の皆様に深謝いたします。

また、官能評価、細菌数検査、時系列解析およびにおい物質推定についてご協力いただきました、一般財団法人茨城県薬剤師会検査センターの皆様に深謝いたします。

引用文献

- 1) 特許 4052597 (特許出願公開番号 P2010-286476A)
- 2) 平塚一 他, 呼気ガス測定装置の運転操作, 2013, 1-4 日本原子力研究開発機構
- 3) 秦野歳久 他, 2014, 141, 高感度ガス分析装置を用いた香気成分の分析手法のアプローチ, 第55回真空に関する連合講演会 講演予稿集
- 4) 社団法人日本食肉加工協会, 2006, 期限表示のための試験方法ガイドライン
(http://www.niku-kakou.or.jp/kaken/info/linkfile/related_4-3_guide200607.pdf)
- 5) National Institute of Standards and Technology
(<http://www.nist.gov/>)
- 6) 沖谷明紘, 肉の科学, 2001, 第6刷, 82, (株)朝倉書店
- 7) 佐々木啓介 他, 2014, 料用米およびその他の飼料資源配合飼料を用いて生産された豚肉の分析型官能評価パネルにおける識別性, 日本養豚学会誌, Vol.

51, No. 4, 198-203

- 8) 新井綜一, 最新香料の辞典, 2000, 第1刷, 529-530
(株)朝倉書店