

経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立

(4) カビ付き熟成が香気成分に与える影響

安里直和 下地秀作* 津嘉山勤子* 大城隼人*
花ヶ崎敬資** 荷川取秀樹

I 要 約

カビ付き熟成が黒毛和種経産牛の香気成分に与える影響について検討したところ以下のとおりであった。

1. ガスクロマトグラフィーにて香気成分を分析した結果、36成分のピークが検出され、うち30成分について化合物を定性し、香りを構成する成分として特徴付けた。
2. 熟成後に8成分が有意に増加し、2成分が減少した。
3. 主成分分析によって、熟成前後の香気成分に違いがあることが認められ、また、ナッツ香を呈するPyrazineが大きく寄与していることが示された。
4. 熟成前後で差が認められない香気成分も多数存在し、熟成によって変動しない成分が多数有ることが認められた。

以上の結果より、経産牛をカビ付き熟成させることによって、ナッツ香を呈するドライエイジングビーフを生産することができた。

II 緒 言

牛肉の評価はおもに、筋肉中の脂肪交雑（霜降り）の入り具合によって判断され、各県においては脂肪交雑の改良に焦点を当てた研究がなされてきた。しかしながら近年、健康ブームや食に対する多様性を背景に、脂身の少ない赤身肉に対する需要が高まりつつある。黒毛和種の経産牛¹⁾、ホルスタイン種²⁾、褐毛和種³⁾などを活用した赤身主体で、かつ、付加価値の高い食肉生産技術の取り組みがなされている。ドライエイジングは、と畜後の肉を真空パックせずに、一定の温度および湿度のもと、長期間熟成する手法である。熟成の過程において、筋繊維のタンパク質や結合組織等が分解され、柔らかさやアミノ酸等の食味が向上し⁴⁾、また、熟成にともない独特の香りが付加されることが報告されている⁵⁾。牛肉の香りについては、和牛特有の香りについての報告が多くあり、様々な成分が特定され香りに対する効果が検証されている^{6,7)}。本研究センターにおいては、経産牛をカビ無し熟成させることによって、果実系の香りが増加し、特徴あるドライエイジングビーフを製造できることを見いだした⁸⁾。いっぽう、県内企業においてカビ付きの熟成によって経産牛を活用する事例が見られ、また、（公財）沖縄県畜産振興公社においては、カビ付き熟成による県産経産牛の付加価値化に向けて、「まーさん熟成肉」の製造技術の確立およびブランド化に取り組んでいる。しかし、本県においてカビ付き熟成が経産牛の香気成分に与える効果について検討した報告は無く、その動態については未知の部分が多い。そこで、本研究はカビ付き熟成が経産牛の香気成分へどのような影響を与えるのか検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 供試試料、熟成方法

試験に用いた経産牛および熟成方法等は前報⁹⁾と同一とする。

5. 分析方法および調査項目

香気成分の分析に用いたサンプルは、熟成前（0日目）および熟成後（40日目）の外モモ、内モモ、サーロインの各部位で、サンプルをホモジナイズしたものを用いた。分析方法および分析機器については、前報⁸⁾と同様な方法で行った。

IV 結果および考察

1. 香気成分の種類

熟成前後の両サンプルにおいて検出された全てのピークは 36 成分であった。そのうち AroChemBase ライブラリでマッチングされたのは 30 成分であった (表 1)。検出された成分については、エーテル臭、油脂様の香りのほか、前報⁸⁾ のカビ無し熟成においても検出された果実系の成分についても多く検出された。また、カビ無し熟成では検出されなかったピラジン類も検出された。ドライエイジングビーフに特有な香りであるナッツ香を呈する成分については、Pyrazine および 3-ethyl-2-acethylpyrazine が検出された。また、こげ臭を呈する 2-methylfuran やロースト臭を呈する 2-Ethyl-3-methylpyrazine も検出された。

表 1 熟成前後の両サンプルで検出された香気成分

化合物名	特徴	化合物名	特徴
RT53.2		2,3-Hexanedione	バター
RT56.1		n-butanol	チーズ, 発酵
Hexane	アルカン, エーテル	Isovaleric acid, Isobutyl ester	アップル, フルーティ
RT62.4		Pyrazine	ナッツ様, ヘーゼルナッツ
Heptane	アルカン, フルーティ, 甘い	Amyl propanoate	アプリコット, フルーティ
Dimethyl sulfide	キャベツ, フルーティ	Thiazole	魚様, ニラネギ
Propanal	エーテル, 刺激臭	RT128.0	
Methyl acetate	エーテル, フルーティ	RT131.3	
2-methylfuran	焦げ臭, チョコレート	Ethyl 2-hydroxypropanoate	バター, フルーティ
Methyl propanoate	エーテル, フルーティ	2-Ethyl-3-methylpyrazine	バルサム様, ロースト
Butan-2-one	バター, チーズ	(Z)-6-nonenal	油脂様
Propyl formate		Formic acid	酸っぱい
Ethyl acrylate	フルーティ, 甘い	1-Octanol	ケミカル, 油脂様
Methyl 3-methylbutanoate	アップル, フルーティ	RT159.6	
3-hexanone	エーテル, フルーティ	3-ethyl-2-acethylpyrazine	ナッツ様
Dimethyl disulfide	キャベツ, タマネギ	Dihydrocarvelly acetate	樟脳, フローラル
Hexanal	ドングリ, 油脂様	(E,E)-2,4-Nonadienal	油脂様, 青草様
2,4,5-Trimethyl-3-oxazoline	カビ臭	Methyl 3-pyridinecarboxylate	ハーブ様, 甘い

2. 熟成前後の香気成分の比較 (面積値)

検出された成分の強度を熟成前後で比較するため、DB-WAX におけるピーク面積値を散布図にプロットした (図 1)。検出された 36 成分のうち、熟成後に有意に増加した成分が 8 成分、減少に転じた成分が 2 成分あった。熟成後で増加した成分のうち、化合物名が定性された成分は 6 成分 (Hexane, Heptane, Methyl acetate, Butan-2-one, Pyrazine, (E,E)-2,4-Nonadienal) があった。これらの成分については、フルーティ・甘い香り、バター・チーズの香りを呈する成分のほか、ナッツ香を呈する pyrazine も含まれていた。前報のカビ無し熟成においては、熟成後に有意に変動した成分が 4 成分であったが、本研究においては 10 成分と 2 倍以上増加した。カビ付き熟成においては、カビ無し熟成に比べ、香気成分を付加する効果が高いと考えられた。

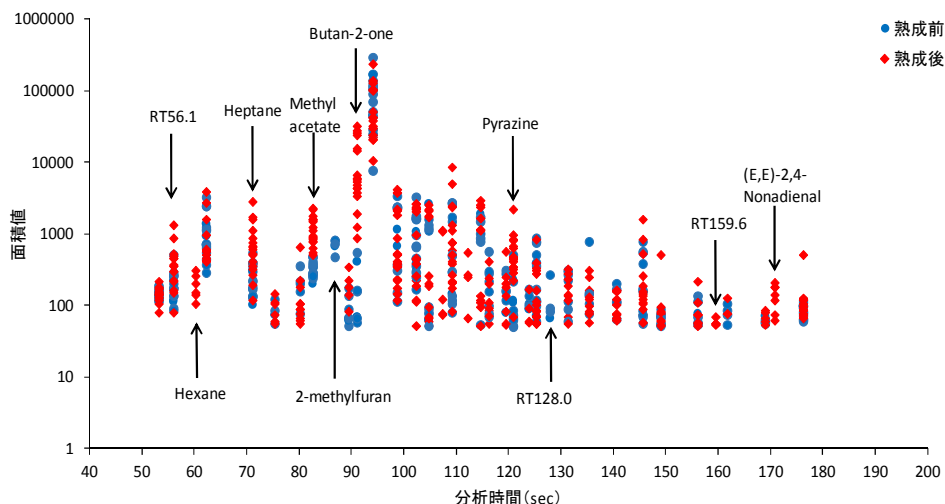


図 1 熟成前後における揮発性成分の検出強度 (DB-WAX)

3. 主成分分析による特徴付け

検出された 36 成分を用いて主成分分析を実施し、因子負荷量を算出した (表 2)。第一主成分正方向へは、3-ethyl-2-acetylpyrazine, Amyl propanoate および Thiazole が高い値を示し、負方向へは、Hexane, Dimethyl sulfide および RT159.6 が高い値であった。第二主成分正方向へは、RT159.6, Formic acid および Hexane が高く、また、Pyrazine も高い値を示した。負方向へは、RT53.2, Propyl formate および 2-methylfuran 等が高い値であった。また、寄与率は第 1 主成分で 28.5%, 第 2 主成分で 15.3% であった。

表 2 検出された成分の因子負荷量

化合物名	PC1	PC2	化合物名	PC1	PC2
RT53.2	0.121	-0.265	2,3-Hexanedione	-0.053	-0.067
RT56.1	0.092	0.237	n-butanol	0.241	0.057
Hexane	-0.085	0.297	Isovaleric acid, Isobutyl ester	0.258	0.057
RT62.4	0.015	-0.140	Pyrazine	-0.022	0.296
Heptane	0.034	0.176	Amyl propanoate	0.271	-0.057
Dimethyl sulfide	-0.070	0.200	Thiazole	0.267	-0.032
Propanal	0.239	0.100	RT128.0	0.135	-0.109
Methyl acetate	0.010	0.282	RT131.3	0.241	-0.012
2-methylfuran	0.101	-0.151	Ethyl 2-hydroxypropanoate	0.184	0.054
Methyl propanoate	0.182	-0.074	2-Ethyl-3-methylpyrazine	0.202	0.091
Butan-2-one	0.157	0.095	(Z)-6-nonenal	0.173	0.268
Propyl formate	0.186	-0.171	Formic acid	0.028	0.299
Ethyl acrylate	0.215	0.006	1-Octanol	0.187	-0.035
Methyl 3-methylbutanoate	0.218	-0.110	RT159.6	-0.057	0.359
3-hexanone	0.207	-0.071	3-ethyl-2-acetylpyrazine	0.275	0.030
Dimethyl disulfide	-0.023	-0.019	Dihydrocarvelly acetate	0.120	0.064
Hexanal	0.238	0.065	(E,E)-2,4-Nonadienal	0.166	0.171
2,4,5-Trimethyl-3-oxazoline	-0.001	-0.018	Methyl 3-pyridinecarboxylate	0.004	0.255
			寄与率(%)	28.5	15.3

熟成前後の特徴を明確化するために主成分得点を散布図に示した (図 2)。熟成前後の試料について、おおむね 2 グループに分けることが出来た。熟成前の試料については第二主成分の負の方向、熟成後の試料については第二主成分の正の方向にプロットされた。いっぽう、第一主成分方向へは、熟成の前後を問わず、広範囲にわたって散在する結果となった。これらのことから、熟成前後の香気成分の差異について、第二主成分が大きく関与していることが明らかとなった。

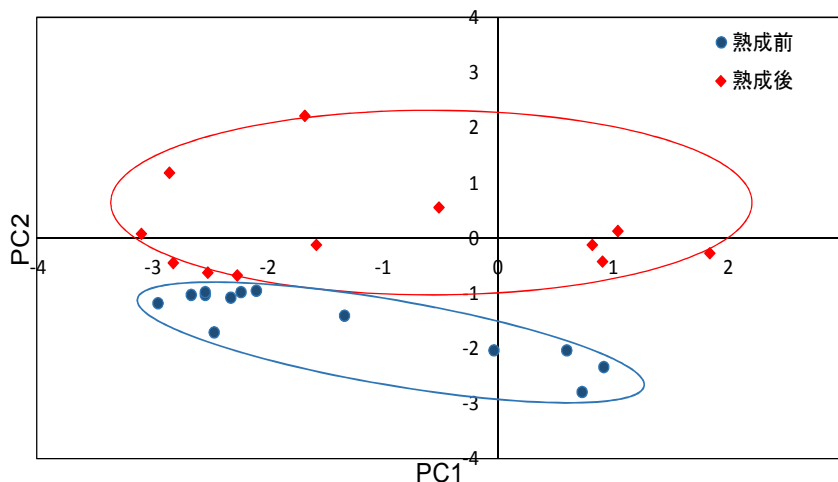


図 2 各試料の主成分得点

つぎに熟成前後の香気成分を特徴付ける成分、すなわち、第二主成分へ寄与する化合物を明らかにするため、因子負荷量を散布図に示し (図 3)、その詳細を検討した。図 3 に示すとおり第二主成分正方向においては、熟成後に増加した成分が多く存在し、RT159.6, Pyrazine, Hexane および Methyl acetate が高い値を示した。いっぽう、図 1 で示したとおり熟成後に増加し、かつ、最もピーク面積値が大きかった Butan-2-one については、因子負荷量が 0.095 と低値であり、第二主成分への寄与は低く、熟成前後における香りの特徴への影響は小さいことが示された。第二主成分への寄与率が高かった Hexane や Methyl acetate についてはエーテルや果実香を呈することが知られているが、熟成中、また、熟成後の

試料においては、これらの香りを感じることはなかった。熟成後の試料について、最も強く感じられた香りがナッツ香であった。ナッツ香については熟成中および熟成期間が長くなるにともない強くなることが認められた⁹⁾。図1に示すとおり熟成後にナッツ香を呈する Pyrazine の増加が認められ、また、主成分分析の結果、第二主成分への寄与率も高いことなどから、Pyrazine が熟成後の香気成分の特徴に大きく寄与していることが示唆された。しかしながら、Pyrazine 以外にも化合物名が定性できなかった RT159.6 や Hexane 等も増加しており、これらを含む様々な香りが複合的に混ざり合い、熟成肉特有の深みのある香りを構成していると考えられた。いっぽう、第一主成分方向（正負）においては、熟成前後で変化を示さなかった成分が多く存在する結果であった。第一主成分方向においては、図2の主成分得点においても熟成前後を問わず、広範囲にわたって散在しており、主成分得点および因子負荷量の結果から、これらの成分については、熟成肉の香気成分として特徴的な成分では無いことが確認された。

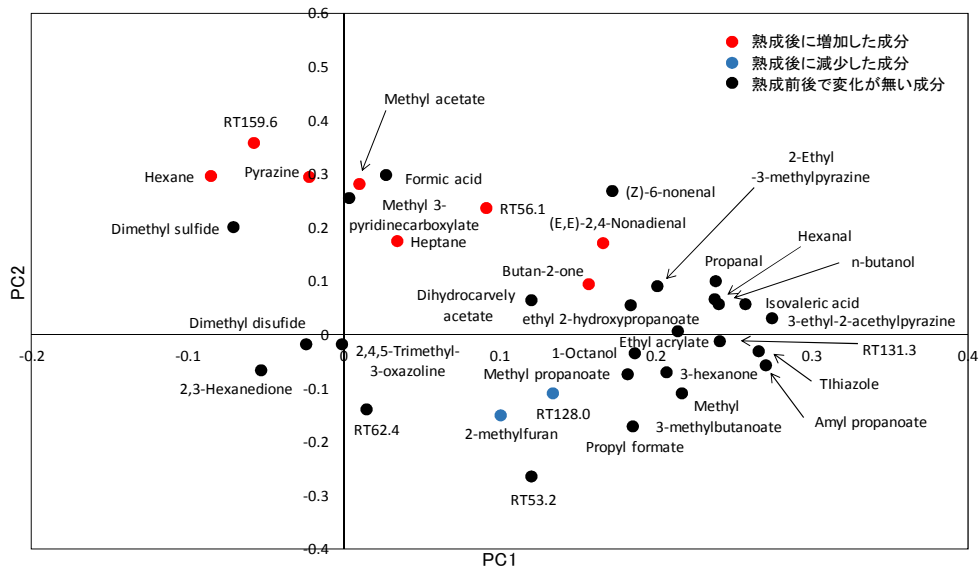


図3 検出された成分の因子負荷量

以上の結果より経産牛をカビ付きで熟成させることによって、Pyrazine の増加に伴うナッツ香を付加し、風味に特徴のあるドライエイジングビーフを製造できることが示された。

V 引用文献

- 1) 松本和典 (2013) 耕作放棄地で生産した「放牧仕上げ熟ビーフ」の特徴, 畜産技術, **697**, 7-11
- 2) 山本紫乃・伊藤信一・坪坂修二・脇坂巧・岡田繁・山口悠・前田さくら・田口圭吾 (2014) 十勝若牛[®]を用いた枝肉の客観的評価値と消費者食味特性との関連性, 日畜学会報, **85** (3), 315-320
- 3) 中村好徳 (2015) 周年放牧肥育牛肉の特徴ならびに熟成による肉質の変化, 日暖畜報, **58** (2), 261-266
- 4) 沖谷明紘 (1993) 牛肉の熟成条件とフレーバーの生成, 日食工学会誌, **40** (7), 535-541
- 5) 小林正人・佐々木整輝 (2015) 牛肉の匂いに及ぼす熟成と加熱調理の影響, 平成26年度食肉に関する助成研究調査成果報告書, 伊藤記念財団, **33**, 39-45
- 6) 松石正典・久米淳一・伊藤友己・高橋道長・荒井正純・永富宏・渡邊佳奈・早瀬文孝・沖谷明紘 (2004) 和牛肉と輸入牛肉の香気成分, 日畜学会報, **75** (3), 409-415
- 7) 佐藤 雅彦・中村 豊郎・沼田正寛・桑原京子・本間清一・佐藤朗好・藤巻正生 (2004) 牛肉の香気と呈味成分に関する研究, 日畜学会報, **66** (3), 274-282
- 8) 安里直和・本田祥嵩・花ヶ崎敬資・荷川取秀樹 (2016) 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立 (2) ドライエイジングが香気成分に及ぼす影響, 沖縄畜研研報, **54**, 11-14
- 9) 安里直和・下地秀作・津嘉山勤子・大城隼人・花ヶ崎敬資・荷川取秀樹 (2017) 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立 (3) カビ付き熟成が旨味成分および物理特性に与える影響, 沖縄畜研研報, **55**, 1-9