

但馬牛の胸最長筋内脂肪の脂肪酸組成

岡 章生・岩木史之・道後泰治・太田垣進

要 約

兵庫県内で生産された黒毛和種肥育牛去勢313頭と雌35頭について枝肉から胸最長筋脂肪を採取しガスクロマトグラフィーによって脂肪酸組成を分析した。

- 1 モノ不飽和脂肪酸 (MUFA) 割合は雌牛が去勢牛よりも有意に高い値を示した。多価不飽和脂肪酸割合は去勢牛が雌牛よりも有意に高くなった。
- 2 MUFA 割合は種雄牛産子間で異なり、さらに、同一種雄牛の産子では母方祖父によって脂肪酸組成が異なった。
- 3 と畜月齢が30から35か月齢の間では MUFA 割合は有意な差は見られなかった。
- 4 MUFA 割合は農家間で著しく異なっていた。

以上のことから、但馬牛肥育牛の脂肪酸組成は性、種雄牛及び飼養方法によって影響されることが明らかとなった。また、但馬牛去勢牛の MUFA 割合はと畜月齢が30か月齢から35か月齢まででは増加しないと考えられた。

Fatty Acid Composition of Carcass Fat in the Tajima Strain of Japanese Black Cattle

Akio OKA, Fumiyuki IWAKI, Taiji DOGO and Susumu OHTAGAKI

Summary

We investigated the fatty acid composition of intramuscular fat (longissimus muscle) of three hundred and thirteen steers and thirty-five females in the Tajima strain of Japanese Black cattle.

- (1) The mean percentage of monounsaturated fatty acids (MUFA) of the females was higher than that of the steers, but the mean percentage of polyunsaturated fatty acids of the females was lower than that of the steers.
- (2) The percentages of MUFA of the steers were different between sires, and the sires of the dams also significantly affected the percentage of MUFA.
- (3) The percentages of MUFA in the steers were not affected by the slaughterage, from 30 to 35 months.
- (4) The percentages of MUFA varied greatly among farms.

These results indicate that the fatty acid composition of intramuscular fat in the Tajima strain cattle is affected by genetic factors, sex and feeding factors and that the percentages of MUFA in the steers may not increase during from 30 to 35 months of age.

キーワード：黒毛和種肥育牛，脂肪酸組成

緒 言

牛肉の美味しさは脂肪酸組成によって大きく影響され、オレイン酸 (C18:1) などのモノ不飽和脂肪酸 (MUFA) 割合が多いと風味が良いと言われている^{2, 13, 29)}。脂肪酸組成は品種^{3, 5, 12, 17, 31, 32)}、性^{1, 6, 28, 31, 32)}、給与飼料^{9, 10, 13)}によって異なることが報告されているが、枝肉市場での

但馬牛の脂肪酸組成を調べた成績はほとんどない。そこで、県下の黒毛和種肥育牛の枝肉脂肪の脂肪酸組成を分析することにより、種雄牛あるいは肥育農家によって脂肪酸組成が異なるかどうかを調べた。

材料及び方法

1 対象牛

兵庫県内で生産され、平成12年11月から12月に神戸市中央卸牛市場西部市場及び加古川食肉地方卸売市場でと

2001年8月30日受理

* 中央農業技術センター

畜された黒毛和種肥育牛去勢313頭と雌35頭を調査対象牛とした。それらの血統及び月齢は子牛登記書から調べた。枝肉性状は、日本食肉格付協会が牛枝肉取引規格に従って評価した値を用いた。

2 脂肪採取

脂肪採取部位は第6、7肋間枝肉断面の胸最長筋内(コース芯)とし、採取はスライドグラスを用いて採材部位を数回擦りスライドグラス片縁に付着した脂肪をサンプルチューブに入れ分析するまで -40°C で保存した。

3 脂肪酸分析

サンプルからの脂肪の抽出はFolchの方法で行った⁴⁾。すなわち、約100mgのサンプルを試験管に取りFolchの液(クロロホルム:メタノール(2:1))2.0mlを加え振とうした。さらに、蒸留水1.0mlを加え15分間激しく振とうした。その後、3000rpmで15分間遠心分離し、下層のクロロホルム層を別の試験管に取り、 50°C で窒素ガス下でクロロホルムを蒸発させ、0.5mlのベンゼンを加えた。次に0.5Nナトリウムメチラート2.0mlを加え 60°C で5分間インキュベートしメチルエステル化を行った¹⁰⁾。冷却後0.5N酢酸液3.0mlとn-ヘキサン3.0mlを加え振とうし、その後、3000rpmで15分間遠心分離し、n-ヘキサン層をサンプルビンに入れガスクロマトグラフにセットした。ガスクロマトグラフはSHIMADZU GC-14Aでキャピラリーカラム(ULBPN HR-SS-10 30m 0.32mm)を用いた。キャリアーガスはヘリウムで、ガスクロマトグラフィの条件はインジェクター温度が 250°C 、ディテクター温度が 250°C とし、カラム温度は 150°C から 220°C までの昇温プログラムを設定した。なお、脂肪酸組成はミリスチン酸(C14:0)、ミリストレイン酸(C14:1)、パルミチン酸(C16:0)、パルミトレイン酸(C16:1)、ステアリン酸(C18:0)、オレイン酸、リノール酸(C18:2)、リノレン酸(C18:3)、アラキジン酸(C20:0)のメチルエステル重量の総和を100としてそれぞれの脂肪酸メチルエステルの相対重量によって

示した。標準液はSTANDARD GLC-63およびSTANDARD GLC-65(フナコシ株式会社)を用いた。また、飽和脂肪酸(SFA)はC14:0、C16:0、C18:0及びC20:0を合計したものとし、MUFAはC14:1、C16:1、及びC18:1の合計、多価不飽和脂肪酸(PUFA)はC18:2とC18:3の合計とした。

4 統計処理

統計処理はSAS(1997)のGLMプロシージャを用いて、有意性の検討を5%水準で行った²²⁾。

結 果

1 対象牛の枝肉重量及び脂肪交雑

調査牛の平均枝肉重量は去勢牛398.2kg、雌牛346.5kg、脂肪交雑(BMS No.)は去勢牛、雌牛ともに6.5であった(表1)。去勢牛の中では枝肉重量は菊原波の産子が最も大きく、BMS No.は照長土井の産子が最も高い値を示した(表2)。

2 脂肪酸組成に対する性の影響

去勢牛、雌牛ともにC18:1の割合が最も多く50%を超えていた(表1)。次いでC16:0、C18:0、C16:1の順に多く、この4つの脂肪酸で90%以上を占めていた。MUFA割合は去勢牛が58.0%、雌牛が59.0%と雌牛が去勢牛よりも有意に高い値を示した。PUFAは去勢牛が雌牛よりも有意に高くなった。

3 脂肪酸組成に対する種雄牛の影響

対象牛の中で同一種雄牛の産子が5頭以上あったものについてそれらの脂肪酸組成を表2及び3に示した。去勢牛のMUFA割合は第2鶴雪土井の産子が最も高く58.5%、次いで照長土井産子の58.4%であり、菊原土井産子が最も低く56.3%であった(表2)。MUFA割合は第2鶴雪土井と谷美土井、菊原土井の間及び照長土井と谷美土井との間に有意な差が認められた。雌牛の種雄牛別脂肪酸も去勢牛と同様の傾向が見られた(表3)。照長土井の産子について母方祖父の脂肪酸組成に対する影

表1 去勢牛と雌牛の脂肪酸組成

区分	頭数	月齢	枝重 kg	BMS No.	脂肪酸組成(%)									
					C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SFA	MUFA	PUFA
去勢牛	313	32.2 ^a	398.2 ^a	6.5	2.7	1.2	26.2	4.4 ^a	9.7	51.1	2.1 ^a	39.8	58.0 ^a	2.2 ^a
		1.3	37.0	1.8	0.4	0.2	1.8	0.6	1.1	2.4	0.4	2.7	2.7	0.4
雌牛	35	33.9 ^b	346.5 ^b	6.5	2.7	1.1	25.7	4.6 ^b	9.4	51.9	1.9 ^b	39.0	59.0 ^b	2.0 ^b
		2.3	32.2	1.9	0.4	0.2	1.7	0.5	1.0	2.5	0.3	2.6	2.7	0.3

上段:平均値,下段:標準偏差,a b:異符号間に有意差あり(P<0.05)

表2 種雄牛産子群（去勢牛）の脂肪酸組成

種雄牛	頭数	月齢	枝重 kg	BMS No.	脂肪酸組成 (%)									
					C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SFA	MUFA	PUFA
第2鶴雪土井	60	32.1 ^{ab}	383.9 ^a	6.0 ^b	2.7 ^{ab}	1.2 ^{ab}	25.9 ^a	4.5 ^a	9.7 ^{abc}	51.5	1.9 ^a	39.4 ^a	58.5 ^a	2.0 ^b
照長土井	92	32.3 ^a	404.7 ^{bc}	7.1 ^a	2.7 ^a	1.2 ^{ab}	25.9 ^a	4.5 ^a	9.6 ^{abc}	51.3	2.1 ^b	39.4 ^a	58.4 ^{ab}	2.2 ^{abc}
第2照久土井	27	32.3 ^{ab}	382.0 ^a	6.0 ^b	2.6 ^a	1.2 ^b	26.8 ^b	4.4 ^{ab}	9.4 ^a	50.9	2.0 ^a	39.9 ^{ab}	57.9 ^{abc}	2.2 ^{bcd}
第2安鶴土井	14	32.4 ^a	402.5 ^{abc}	6.8 ^{ab}	2.8 ^{ab}	1.3 ^a	26.4 ^{ab}	4.5 ^{ab}	9.3 ^{ab}	50.8	2.3 ^c	39.7 ^{ab}	57.9 ^{abc}	2.4 ^a
谷福土井	52	32.4 ^a	404.8 ^{bc}	6.9 ^a	2.6 ^a	1.2 ^c	26.5 ^{ab}	4.2 ^{bc}	9.8 ^{abcd}	51.0	2.0 ^a	40.1 ^{ab}	57.8 ^{abc}	2.1 ^d
谷美土井	21	32.5 ^a	400.7 ^{abc}	6.3 ^{ab}	2.8 ^{ab}	1.1 ^{bc}	26.5 ^{ab}	4.1 ^c	10.1 ^{bcd}	50.5	2.3 ^c	40.6 ^{ab}	57.0 ^c	2.4 ^a
鶴丸土井	9	32.6 ^{ab}	381.2 ^{ab}	6.8 ^{ab}	2.8 ^{ab}	1.1 ^{bc}	26.6 ^{ab}	4.2 ^{abc}	10.4 ^{cd}	50.2	2.1 ^{abc}	40.9 ^{ab}	56.8 ^{abc}	2.2 ^{abcd}
菊伸土井	7	31.3 ^b	421.1 ^{cd}	5.4 ^b	3.0 ^b	1.2 ^{abc}	26.6 ^{ab}	4.2 ^{abc}	10.3 ^{abcd}	50.0	1.9 ^{ab}	41.2 ^{ab}	56.8 ^{abc}	2.0 ^{cd}
菊原波	7	32.3 ^{ab}	440.7 ^d	5.6 ^b	2.8 ^{ab}	1.1 ^{bc}	26.9 ^{ab}	4.1 ^{abc}	10.6 ^d	49.8	2.1 ^{abc}	41.6 ^b	56.3 ^{bc}	2.1 ^{abcd}

a b c d : 異符号間に有意差あり (P<0.05)

表3 種雄牛産子群（雌牛）の脂肪酸組成

種雄牛	頭数	月齢	枝重 kg	BMS No.	脂肪酸組成 (%)									
					C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SFA	MUFA	PUFA
第2照久土井	5	34.6 ^a	343.1 ^{ab}	4.8 ^a	2.7	1.3 ^a	24.9	5.1	8.5	52.5	2.2 ^a	37.3	60.5	2.3 ^a
第2鶴雪土井	7	33.3 ^b	315.1 ^a	6.1 ^{ab}	2.5	1.2 ^a	24.7	4.5	9.6	53.5	1.7 ^c	37.8	60.4	1.8 ^c
照長土井	5	33.1 ^b	350.9 ^{bc}	7.8 ^b	2.5	1.2 ^a	26.1	4.6	8.9	51.9	2.1 ^{ab}	38.8	59.1	2.1 ^{ab}
鶴丸土井	5	31.8 ^b	356.1 ^{bc}	6.8 ^{ab}	2.8	1.1 ^{ab}	26.1	4.7	9.5	51.0	1.9 ^{abc}	39.7	58.3	2.0 ^{abc}
谷美土井	8	34.3 ^{ab}	371.9 ^c	6.3 ^{ab}	2.9	0.9 ^b	26.2	4.3	9.9	51.4	1.8 ^{bc}	40.1	57.9	1.9 ^{bc}

a b c : 異符号間に有意差あり (P<0.05)

表4 照長土井産子（去勢牛）の母方祖父別脂肪酸組成

母方祖父	頭数	月齢	枝重 kg	BMS No.	脂肪酸組成 (%)									
					C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SFA	MUFA	PUFA
菊照土井	10	31.9 ^a	406.8	7.5	2.6 ^{ab}	1.3 ^{ab}	25.6	4.7	9.5	51.9	1.9 ^a	38.8	59.2 ^a	2.0 ^a
谷福土井	15	32.3 ^{ab}	413.5	6.9	2.5 ^a	1.2 ^a	25.7	4.4	9.8	51.7	2.1 ^{ab}	39.1	58.7 ^{ab}	2.2 ^{ab}
第2安鶴土井	23	32.1 ^{ab}	396.5	7.0	2.7 ^{ab}	1.3 ^b	25.7	4.6	9.4	51.3	2.2 ^b	39.0	58.6 ^{ab}	2.4 ^b
菊安土井	13	32.8 ^b	402.7	7.2	2.7 ^{ab}	1.2 ^{ab}	26.5	4.4	9.6	50.7	2.1 ^{ab}	40.1	57.6 ^{ab}	2.2 ^{ab}
安幸土井	9	32.7 ^{ab}	392.6	7.1	2.9 ^b	1.3 ^{ab}	26.5	4.3	9.8	50.5	2.0 ^{ab}	40.4	57.4 ^{ab}	2.2 ^{ab}
安美土井	5	32.0 ^{ab}	400.9	7.4	2.9 ^{ab}	1.2 ^{ab}	26.8	4.2	10.2	49.8	2.2 ^{ab}	41.1	56.6 ^b	2.3 ^{ab}

a b : 異符号間に有意差あり (P<0.05)

響を調べたところ、MUFA割合は菊照土井の孫子が最も高く、安美土井の孫子が最も低く、両者の間には有意な差が見られた（表4）。

4 脂肪酸組成に対すると畜月齢の影響

去勢牛について、と畜月齢と脂肪酸組成の関連をみたところ、MUFA割合はと畜月齢が30から34か月齢まではほとんど差が見られず、35か月齢でやや低下する傾向を示した（表5）。また、30か月齢の枝肉重量とBMS

Noは他よりも低い値を示した。

5 脂肪酸組成に対する枝肉重量の影響

枝肉重量によって去勢牛を420kg以上、381~420kg、380kg以下の3区に分けて各区の脂肪酸組成を調べたが、枝肉重量による差は認められなかった（表6）。

6 脂肪酸組成に対する肉質等級の影響

去勢牛について肉質等級別の脂肪酸組成を調べたところ、5等級のMUFA割合は4等級よりも有意に高い値

表5 と畜月齢別の脂肪酸組成(去勢牛)

月齢	頭数	枝重 kg	BMS No.	脂肪酸組成(%)									
				C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SFA	MUFA	PUFA
30	15	384.9 ^a	5.5 ^a	2.7	1.2	26.2	4.4	9.7 ^{a,b}	51.3	1.9	39.8	58.2	2.0
31	74	403.4 ^b	6.5 ^b	2.7	1.2	26.2	4.3	10.0 ^a	50.9	2.0	40.1	57.8	2.1
32	88	392.1 ^{a,b}	6.5 ^b	2.7	1.2	26.2	4.4	9.7 ^{a,b}	51.1	2.1	39.7	58.0	2.2
33	77	398.1 ^{a,b}	6.6 ^b	2.7	1.2	26.0	4.3	9.7 ^{a,b}	51.3	2.1	39.5	58.2	2.2
34	46	404.3 ^{a,b}	6.9 ^b	2.7	1.2	26.4	4.5	9.4 ^b	51.2	2.0	39.7	58.2	2.1
35	9	395.4 ^{a,b}	6.1 ^{a,b}	2.8	1.3	26.7	4.5	9.6 ^{a,b}	50.3	2.0	40.3	57.5	2.1

a b : 異符号間に有意差あり (P<0.05)

表6 枝肉重量別の脂肪酸組成(去勢牛)

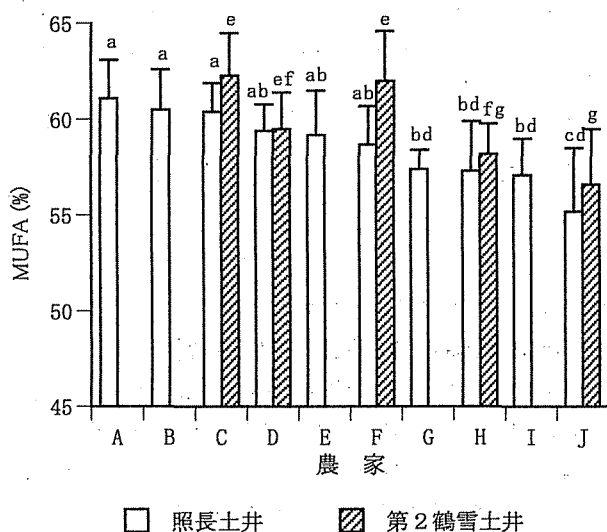
枝肉重量	頭数	月齢	枝重 kg	BMS No.	脂肪酸組成(%)									
					C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SFA	MUFA	PUFA
421kg以上	74	32.2	449.4 ^a	7.0 ^a	2.7	1.2	25.9	4.4	9.7	51.4	2.1	39.4	58.4	2.2
381~420kg	140	32.3	399.0 ^b	6.5 ^{a,b}	2.7	1.2	26.3	4.4	9.7	50.9	2.1	40.0	57.9	2.2
380kg以下	99	32.2	358.8 ^c	6.0 ^b	2.7	1.2	26.2	4.3	9.7	51.1	2.0	39.8	58.0	2.2

a b c : 異符号間に有意差あり (P<0.05)

表7 肉質等級別の脂肪酸組成(去勢牛)

肉質等級	頭数	月齢	枝重 kg	BMS No.	脂肪酸組成(%)									
					C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SFA	MUFA	PUFA
5	88	32.4 ^a	408.6 ^a	8.7 ^a	2.7	1.2	25.9	4.5	9.6	51.5 ^a	2.0 ^a	39.3 ^a	58.6 ^a	2.1 ^a
4	178	32.3 ^a	394.7 ^{a,b}	6.1 ^b	2.7	1.2	26.4	4.3	9.7	50.9 ^b	2.1 ^b	40.0 ^b	57.8 ^b	2.2 ^b
3	47	31.8 ^b	392.1 ^b	3.9 ^c	2.7	1.2	26.0	4.3	9.9	51.1 ^{a,b}	2.1 ^{a,b}	39.8 ^{a,b}	58.0 ^{a,b}	2.2 ^{a,b}

a b c : 異符号間に有意差あり (P<0.05)

図1. 照長土井と第2鶴雪土井の農家別モノ不飽和脂肪酸(MUFA)割合
abcdefg : 各種雄牛において異符号間に有意差あり (P<0.05)

を示したが、3等級との間には有意な差は見られなかった(表7)。

7 脂肪酸組成に対する肥育農家の影響

同一農家で照長土井及び第2鶴雪土井の産子がそれぞれ3頭以上であったものについてMUFA割合を図1に示した。MUFA割合は農家間で著しく異なっており、照長土井の産子では最も高い農家と低い農家で5%以上の差がられた。

考 察

牛肉の味には脂肪交雑だけでなく脂肪酸組成が関与しており、官能検査ではMUFAが多いと評価が高く、SFAあるいはPUFAが多いと評価が低いと言われている^{2, 13, 20)}。牛枝肉脂肪の脂肪酸組成は品種によって異なり^{3, 5, 10)}、黒毛和種は他に比べC16:1, C18:1などの

MUFAが多く、C16:0が少ないと報告されている^{12, 31, 32}。しかし、黒毛和種の中でも大きさや肉質が顕著に異なっているものが存在し、それらの脂肪酸組成が同様であるかどうかは不明である。我々は近畿中国地方の産肉能力検定供試牛の枝肉脂肪の脂肪酸組成を調べたところ、種雄牛によってMUFA割合が大きく異なっていた¹⁹。今回の調査結果は同じ但馬牛であっても種雄牛によって脂肪酸組成が異なることを示しており、但馬牛の脂肪酸組成は遺伝的要因に影響されていることがわかった。

ステアリン酸 CoA デサチュラーゼはSFAの Δ^9 MUFA牛への転換を触媒する酵素であり、牛ではその酵素が肝臓にはほとんどないが脂肪組織に存在することが示されている²⁴。Sturdivantら(1992)²⁵は和牛とアングスの脂肪酸組成を比較し、和牛で見られたMUFAの上昇はステアリン酸 CoA デサチュラーゼ活性の上昇によると述べている。今回見られた種雄牛による脂肪酸組成の違いもこの酵素活性の差に起因している可能性が考えられる。

また、脂肪酸組成は性によって異なり、去勢牛は雄牛よりも不飽和脂肪酸割合が高く、雌牛は去勢牛よりも不飽和脂肪酸割合が高いことが報告されている^{1, 29}。今回の結果も雌牛のMUFA割合が去勢牛よりも有意に高い値を示したが、その差は1%と大きなものではなかった。

と畜月齢あるいは肥育期間が長くなると不飽和脂肪酸割合が増加すると言われている^{5, 8, 11, 21}。産肉能力検定供試牛のMUFA割合は51.6%であったが¹⁵、今回の去勢牛のそれは58.0%と高くなっていった。産肉能力検定供試牛のと畜月齢は20か月齢であったが、調査牛のと畜月齢は32か月齢であり、その違いがMUFA割合に影響したものと考えられる。しかし、と畜月齢が30か月齢から35か月齢までではMUFA割合には差が見られなかった。三橋ら¹¹は、脂肪酸組成は単に経時的に変化するのではなく、成長による脂肪蓄積量の増加によって変化すると述べている。これらのことから、20か月齢から30か月齢までは脂肪蓄積が大きく増えるため、MUFA割合が増加するが、それ以降は脂肪蓄積量がそれほど増加しないためMUFA割合も変化しなかった可能性が考えられる。

今回の調査では肉質等級による脂肪酸組成の顕著な違いは認められなかった。同様の結果が報告されているが^{2, 17}、脂肪交雑とオレイン酸割合の間に有意な正の相関があるとの報告もある^{23, 29}。しかし、それらの相関係数は0.3~0.4程度でありそれほど高くない。少なくとも但馬牛では肉質等級と脂肪酸組成の間には強い関連はないものと考えられる。また、枝肉重量についても脂肪酸

組成との関連は認められなかったことから、但馬牛では脂肪酸組成は牛の大きさとも関連がないものと考えられる。

脂肪酸組成は同一種雄牛の産子では農家によって大きく異なっていた。脂肪酸組成は給与飼料に影響されると言われており^{7, 9, 10, 13, 20, 26, 30}、農家間の差は飼養方法に起因するものと思われる。しかし、報告の多くは、粗飼料多給と濃厚飼料多給の比較、あるいは綿実などの油脂の影響を調べたものであり、兵庫県下の黒毛和種の肥育農家で粗飼料を多給している農家、あるいは油脂を与えている農家はほとんどない。また、我々は粗飼料給与割合を農家で応用可能な範囲内で、全飼料中粗飼料からの

TDN 給与割合が脂肪酸組成に影響を調べた結果、粗飼料のTDN 給与割合が20%以下では不飽和脂肪酸割合に影響しないことを示唆した¹⁰。したがって、今回認められた農家間の脂肪酸組成の差は粗飼料給与割合に起因するものではないと考えられる。また、濃厚飼料の大麦とトウモロコシの配合割合を変えても不飽和脂肪酸割合に差が見られなかったとの報告もあるが²⁷、我々が行ったトウモロコシの給与割合を変えた試験¹⁶では、トウモロコシの給与割合が増加するとMUFA割合は高くなった。農家間の脂肪酸組成の差にトウモロコシの給与割合が関与していたかどうかは不明であるが、今後検討する必要があると考える。

以上のことから、但馬牛肥育牛の脂肪酸組成は性、種雄牛及び飼養方法によって影響されることが明らかとなった。また、30か月齢から35か月齢の間では、と畜月齢は脂肪酸組成に影響しないと考えられた。今後、脂肪酸組成に影響する要因をより明確にし美味しい牛肉を生産しなければならないと考える。

引用文献

- (1) Clemens, E., V. Arthaud, R. Mandigo, and W. Woods (1973): Fatty acid composition of bulls and steers as influenced by age and dietary energy level. *J. Anim. Sci.* 37, 1326-1331.
- (2) Dryden, F. D. and J. A. Marchello. (1970): Influence of total lipid and fatty acid composition upon the palatability of three bovine muscles: *J. Anim. Sci.* 31, 36-41.
- (3) Eichhorn, J. M., L. J. Coleman, E. J. Wakayama, G. J. Blomquist, C. M. Bailey, and T. G. Jenkins (1986): Effects of breed type and restricted versus ad libitum feeding on fatty acid composition and

- cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature bovine females : *J. Anim. Sci.* 63, 781-794.
- (4) Folch, J., M. Lees, and G. H. Sloane Stanley (1957) : A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues : *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.
- (5) Huerta-Leidenz, N. O., H. R. Cross, J. W. Savell, D. K. Lunt, J. F. Barker, and S. B. Smith (1996) : Fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from male calves at different stages of growth : *J. Anim. Sci.* 74, 1256-1264.
- (6) Kazala, E. C., F. J. Lozeman, P. S. Mir, A. Laroche, D. R. C. Bailey, and R. J. Weselake (1999) : Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle : *J. Anim. Sci.* 77, 1717-1725.
- (7) 木村信熙・木村聖二・小迫孝実・井村毅 (1996) : 黒毛和種去勢牛の肥育後期における粗飼料給与水準が枝肉性状および枝肉脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響 : 日畜会報 67, 554-560.
- (8) Leat, W. M. F. (1975) : Fatty acid composition of adipose tissue of Jersey cattle during growth and development : *J. Agric. Sci. Camb.* 85, 551-558.
- (9) Mandell, I. B., J. G. Buchanan-Smith, and C. P. Campbell (1998) : Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled : *J. Anim. Sci.* 76, 2619-2630.
- (10) Marmer, W.N., R.J. Maxwell and J.E. Williams (1984) : Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles : *J. Anim. Sci.* 59, 109-121.
- (11) 三橋忠由・三津本 充・山下良弘・小沢 忍 (1988) : 黒毛和種去勢牛の発育にともなう蓄積脂肪の融点と脂肪酸組成の変化 : 中国農研報 2, 43-51.
- (12) May, S. G., C. A. Sturdivant, D. K. Lunt, R. K. Miller, and S. B. Smith (1993) : Comparison of sensory characteristics and fatty acid composition between Wagyu crossbred and Angus steers : *Meat Sci.* 35, 289-298.
- (13) Melton, S. L., M. Amiri, G. W. Davis, and W. R. Backus (1982) : Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-, forage-grain-and grain-finished steers : *J. Anim. Sci.* 55, 77-87.
- (14) 岡 章生・岩木史之・道後泰治 (2001) : 肥育中期以降の粗飼料給与レベルが但馬牛去勢牛の増体と肉質に及ぼす影響 : 兵庫中央農技研報 37, 14-19.
- (15) Oka A., F. Iwaki, T. Dohgo, S. Ohtagaki, M. Noda, T. Shiozaki, O. Endoh and M. Ozaki (2002) : Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers : *J. Anim. Sci.* 80, 1005-1011.
- (16) 岡 章生・道後泰治・太田垣進 (1998) : 肥育後期の濃厚飼料中非繊維性炭水化物 (NFC) 濃度が但馬牛の増体と肉質に及ぼす影響 : 兵庫中央農技研報 34, 5-9.
- (17) 小堤恭平・安藤四郎・池田敏雄・中井博康・千国幸一 (1985) : 市場牛肉の格付等級と理化学的特性について : 日畜会報 56, 1-6.
- (18) O'keefe, P. W., G. H. Wellington, L. R. Mattick, and J. R. Stouffer : (1968) : Composition of bovine muscle lipids at various carcass locations : *J. Food Sci.* 33, 188-192.
- (19) Perry, D., P. J. Nicholls, and J. M. Thompson (1998) : The effect of sire breed on the melting point and fatty acid composition of subcutaneous fat in steers : *J. Anim. Sci.* 76, 87-95.
- (20) Rule, D. C., J. R. Busboom, and C. J. Kercher (1994) : Effect of dietary canola on fatty acid composition of bovine adipose tissue, muscle, kidney, and liver : *J. Anim. Sci.* 72, 2735-2744.
- (21) Rule, D. C., M. D. MacNeil, and R. E. Short (1997) : Influence of sire growth potential, time on feed and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of the ground carcass and longissimus muscle of beef steers : *J. Anim. Sci.* 75, 1525-1533.
- (22) SAS (1997) : SAS/STAT User's Guide (Version 6.12). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- (23) Skelley, G. C., W. C. Stanford, and R. L. Edwards (1973) : Bovine fat composition and its relation to animal diet and carcass characteristics : *J. Anim. Sci.* 36, 576-580.
- (24) St. John, L. C., D. K. Lunt, and S. B. Smith (1991) : Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes : *J. Anim. Sci.* 69, 1064-1073.

- 25) Sturdivant, C. A., D. K. Lunt, G. C. Smith, and S. B. Smith (1992) : Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and *M. longissimus dorsi* of Wagyu cattle : *Meat Sci.* 32, 449-458.
- 26) 常石英作・西村宏一・滝本勇治 (1989) : 放牧後の濃厚飼料多給仕上げ肥育における牛脂肪の脂肪酸組成の変化 : *日畜会報* 60, 315-320.
- 27) 堤 知子・大田 均・溝下和則・窪田 力・加治佐修・横山喜世志 : (1994) : 後期濃厚飼料中の大麦とトウモロコシの構成割合及び形状が黒毛和種去勢牛の産肉性に及ぼす影響 : *鹿児島畜試研報* 27, 10-23.
- 28) Waldman, R. C., G. G. Suess, and V. H. Brungardt (1968). Fatty acids of certain bovine tissue and their association with growth, carcass and palatability traits : *J. Anim. Sci.* 27, 632-635.
- 29) Westering, D.B. and H.B. Hedrick (1978) : Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex, and anatomical location and relationship to sensory characteristics : *J. Anim. Sci.* 48, 1343-1348.
- 30) Yang, A., T. W. Larsen, S. B. Smith, and R. K. Tume (1999) : D 9 Desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue of different fatty acid composition : *Lipids* 34 : 971-978.
- 31) Yoshimura, T. and K. Namikawa (1983) : Influence of breed, sex and anatomical location on lipid and fatty acid composition of bovine subcutaneous fat : *Jpn. J. Zootech. Sci.* 54, 97-105.
- 32) Zembayashi, M., K. Nishimura, D. K. Lunt, and S. B. Smith (1995) : Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers : *J. Anim. Sci.* 73, 3325-3332.