市場および小売店における牛肉脂肪の嗜好性と理化学的特性との関連

西岡輝美¹・石塚 譲¹・安松谷恵子¹・入江正和²

¹ 大阪府環境農林水産総合研究所, 羽曳野市 583-0862

² 宮崎大学農学部, 宮崎市 889-2192

(2008. 2. 25 受付, 2008. 5. 16 受理)

要 約 市場出荷牛の脂肪品質の現状を把握し, 市場と小売店における牛脂肪品質の嗜好性と理化学的特性の関連性を明らかにするため, 市場と小売店から得た 344 頭のウシの脂肪の融点, 屈折率, 脂肪酸組成を調べた。市場出荷牛の脂肪は, 皮下や筋間脂肪の融点で約 20℃ (皮下; 最小 9.9~最大 29.2℃, 筋間; 最小 18.2~最大 37.1℃) の個体差があった。また市場で評価が低い脂肪には硬脂と軟脂があり, 調査した理化学的測定値に有意差が見られた ($P < 0.05$)。軟脂での若干の判別の難しさや脂肪性状における季節の影響が示唆されたが, 判別分析により, 融点約 17~21℃, 屈折率約 1.4559~1.4561, モノ不飽和脂肪酸割合約 61~64% の皮下脂肪で評価が高いことが示された。小売店の評価は市場の評価と類似していた。以上から牛脂肪品質は変動が大きく, 市場と小売店で評価の高い脂肪は理化学的測定値によりおおむね判別できることが示された。

日本畜産学会報 79 (3), 391-401, 2008

わが国では, 牛肉の品質のうち脂肪交雑が特に重視され, 脂肪交雑を高める育種改良や飼養技術の改善に大きな力が注がれてきた。この背景には, 現在の枝肉市場において, 脂肪交雑が枝肉単価に大きく関連し, 農家の収益増に脂肪交雑の向上が効果的であったことが挙げられる (村田 1988; 岡本ら 2003; 岡 2004)。しかし, 脂肪交雑の高い牛肉では粗脂肪含量が 50% を超えるものまで出現し, また官能評価結果から, 粗脂肪含量が一定以上になると牛肉のうま味が弱まることも示唆されており (山口 2002), 今後は脂肪の量だけでなく, 脂肪の質に関しても考慮する必要がある (岡 2004; 日本食肉消費総合センター 2005; 岩本 2007; 全国肉用牛振興基金協会 2007)。

脂肪の質は, 外観や保存性, 舌触り, おいしさに関連があるとされ, 脂肪品質に及ぼす飼料等の飼養条件, 遺伝的要因, 環境要因の影響が検討されている (Waldman ら 1968; Link ら 1970a, b; Clemens ら 1973; 石田ら 1988; Zembayashi ら 1995; Huerta-Leidenz ら 1996; Perry ら 1998; Kazala ら 1999; 井上ら 2002; Oka ら 2002)。

国内の市場において牛枝肉の脂肪は, 格付上, 「脂肪色」と「光沢と質」という 2 項目で評価される ((社) 日本食肉格付協会 2001)。格付上の「脂肪色」については, 牛脂肪色基準 (BFS) があり, 1~4 が肉質の 5 等級に入る。この中でも真っ白なものより, 鈍い白色~薄いクリーム色のもの, 市場によっては BFS No. 3 のものが最も人気があるという報告もある (松田 2004)。

一方, 脂肪の「光沢と質」に関しては, 格付上で, 良い, または, 標準, という言葉で表現されているのみで, 具体的にどのような性状のものか定義されていない。脂肪の質については, 適当な硬さがあり, 光沢が良く, 粘りのあるもの (松田 2004), また, 脂肪のなめらかさややわらかさという表現も用いられている (木村 1998) が, 具体的にどのようなものが良いのか, 理化学的な数値としては明らかにされていない。

そこで本研究では, 市場出荷牛の脂肪品質を理化学的に実態調査し, さらに市場や小売店において, どのようなものが高く評価されているかを調べ, 市場や小売店における嗜好性と理化学的特性との関連性を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

1. 供試試料

2004 年 12 月から 2007 年 7 月に中央卸売食肉市場に出荷された牛枝肉の中より, ランダムに選ばれた枝肉, および市場関係者により評価された枝肉合計 314 頭から皮下, 筋間, 腎臓周囲脂肪各 254, 218, 176 検体採取した。これらは, 黒毛和種去勢 161 頭, 雌 50 頭, 交雑種去勢 45 頭, 雌 35 頭, ホルスタイン種去勢 22 頭, アンガス種去勢 1 頭の枝肉で, 24 道府県, 66 団体より出荷された。上記の枝肉の中から, 筋肉内脂肪分析用試料として第 6-7 肋骨間の枝肉切開面から胸最長筋 (M. longissimus thoracis) 127 検体採取し, 筋間脂肪の採取部位はその

連絡者: 西岡輝美 (fax: 072-956-9691, e-mail: nishioka@mbox.epcc.pref.osaka.jp)

周囲とした。さらに(社)日本食肉格付協会による格付結果を同市場より得た。

また、小売3店から購入した第6-7肋骨間のロース断面、またはリブロース部分のスライス肉合計30検体を、市場での採取時と同じ位置の筋間脂肪採取用試料として用いた。

2. 市場および小売店における評価

市場における脂肪品質の評価は、各出荷牛枝肉の脂肪部分の品質のみを対象とし、2期(Exp 1; 2006年12月~2007年2月, Exp 2; 2007年6~7月)に分けて各4日間、20年以上の経験を有する市場関係者により行われた。評価者はExp 1では1名、Exp 2はExp 1の評価者を含む3名とし、競りの際に購入を希望する買参人の数が多く評価が高い脂肪品質と判断される枝肉(高評価グループとする)、および、購入を希望する買参人が少なく評価が低い脂肪品質と判断される枝肉(低評価グループとする)を各日選抜した。Exp 1で高、低評価グループに選抜された枝肉合計45頭(各グループ19, 26頭)、および、Exp 2で高、低評価グループに選抜された枝肉合計87頭(各46, 42頭、ただしどちらのグループにも選抜された枝肉1頭を含む)について、グループ間の肉質等級および脂肪性状の差を比較した。

また評価された枝肉からの脂肪採取は、市場において外観、触感による評価に主に用いられる皮下脂肪を中心に、筋間脂肪、胸最長筋からとした。なお、この際、採取部位が結果に影響を与える可能性を除くため、皮下脂肪は枝肉切開面の僧帽筋(M. trapezius dorsi)周辺のできるだけ同一の場所より採取した。

さらに小売店において良質と評価される脂肪品質を調べるため、各小売店に脂肪の品質が特に良いと評価された牛枝肉より得られたスライス肉を購入し、脂肪の脂肪酸組成を調べた。

3. 理化学的測定

脂肪品質の理化学的評価のため、融点、屈折率、脂肪酸組成を測定した。融点および屈折率のための試料は、組織脂肪を細切し、105℃の恒温器内で2時間以内でろ紙(ADVANTEC, No. 101)を用いて溶解、抽出したものをを用いた。融点は、抽出脂肪をガラス毛细管に詰め、上昇融点法によって測定した(AOAC 1975)。屈折率は、精密アッペ屈折計(アタゴIII型; アタゴ, 東京)を用い、50℃で測定した(Irieら2003)。

皮下、筋間、腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成の分析は、既報(NishiokaとIrie 2006)に準じて行った。すなわち、脂肪を15%三フッ化ホウ素メタノールでメチルエステル化した後、ULBON HR-SS-10キャピラリーカラム(信和化工, 京都)を装着したガスクロマトグラフ(GC12A; 島津製作所, 京都)により分析した。検出には水素炎イオン化検出器を用い、インテグレータはC-R8A(島津製作所)を用いた。また筋肉内脂肪については、Folchら

(1957)の方法に従ってメタノール・クロロホルムによって胸最長筋から脂肪を抽出後、上述の方法で脂肪酸組成を測定した。

4. 統計処理

データの統計処理には、SPSS 11.0J for Windows(エス・ピー・エス・エス, 東京)を用いた。各部位間、またはグループ間の脂肪性状や肉質等級は、t検定または一元配置分散分析により比較した。等分散の検定にはLevene法を適用し、有意の際のグループ間の対比較にはDunnett T3法を、それ以外ではすべてTukey Kramerの方法を適用した。また高評価グループの脂肪の理化学的測定値の範囲を明らかにするため、各測定値を変数とする判別分析を行った。各脂肪酸割合を変数とする場合には、変数増減法で変数を選択した。

結果および考察

初めに、市場出荷牛の枝肉脂肪品質の実態調査を行った。市場より採取した各部位の脂肪の理化学的測定値を表1に示した。皮下、筋間脂肪の個体差は融点でおよそ20℃(皮下; 最小9.9~最大29.2℃, 筋間; 最小18.2~最大37.1℃), 屈折率で0.0020以上(皮下; 最小1.4548~最大1.4570, 筋間; 最小1.4544~最大1.4564), 飽和脂肪酸割合ではおよそ20%(皮下; 最小25.8~最大44.0%, 筋間; 最小30.2~最大49.9%)であった。筋肉内脂肪では飽和脂肪酸割合の個体差は約17%(最小35.1~最大51.8%)であった。また筋肉内脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合において約16%(最小45.7~最大61.4%)の開きが見られた。モノ不飽和脂肪酸割合は、これまでの研究(DrydenとMarchello 1970; WesterlingとHedrick 1979; Meltonら1982)で食味に関連があることが報告されており、本試験で見られた大きな個体差は食味にも影響すると考えられる値であった。腎臓周囲脂肪では融点で約25℃(最小23.1~最大48.0℃)の開きがあり、他の測定値と比較しても個体差が大きかった。

脂肪酸組成は品種間で異なることが知られている(吉村と並河1983; Zembayashiら1995)。本試験で供試した多くの試料は黒毛和種枝肉のもので、他品種の枝肉の試料数が少ないため、単純に品種間の比較を行うことができないが、黒毛和種のみに限定しても、皮下脂肪の飽和脂肪酸割合で約18%の開き(最小25.8~最大44.0%)が見られた。このことから、同一品種内でも大きな変動があることが明らかとなった。

また、各部位の脂肪酸組成について、各脂肪酸割合および部位間の関係を示した(表2)。いずれの部位においても飽和脂肪酸とモノ不飽和脂肪酸割合の間に非常に強い負の相関が認められた($r = -0.99 \sim -0.97$)。一方、これらの脂肪酸割合と多不飽和脂肪酸割合の相関は弱かった($r = -0.39 \sim 0.14$)。

部位間では、多不飽和脂肪酸割合はいずれの部位間にも

Table 1 Physiochemical characteristics for bovine fats obtained from the meat wholesale market

	Melting point (°C)	Refractive index	Fatty acids (%)		
			SFA	MUFA	PUFA
Subcutaneous fat (n = 180)					
Mean	18.3	1.4561	33.5	62.2	4.3
SD	3.5	0.0004	3.4	3.1	0.8
Minimum	9.9	1.4548	25.8	53.1	2.0
Maximum	29.2	1.4570	44.0	68.9	6.3
Intermuscular fat (n = 137)					
Mean	26.2	1.4555	39.2	57.1	3.7
SD	4.5	0.0004	4.2	4.0	0.7
Minimum	18.2	1.4544	30.2	47.5	2.3
Maximum	37.1	1.4564	49.9	66.2	5.5
Intramuscular fat (n = 127)					
Mean	—	—	42.0	54.6	3.3
SD	—	—	2.9	2.9	0.7
Minimum	—	—	35.1	45.7	2.1
Maximum	—	—	51.8	61.4	4.8
Perirenal fat (n = 176)					
Mean	36.7	1.4546	49.6	47.5	2.9
SD	5.0	0.0005	5.3	5.5	0.8
Minimum	23.1	1.4532	38.0	31.0	1.6
Maximum	48.0	1.4556	65.2	59.1	6.8

SFA, saturated fatty acids (sum of C14 : 0, C15 : 0, C16 : 0, C17 : 0 and C18 : 0); MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1); PUFA, polyunsaturated fatty acids (sum of C18 : 2 and C18 : 3).

SD, standard deviation.

においても高い相関が認められた。一方、飽和脂肪酸割合およびモノ不飽和脂肪酸割合においては、筋間脂肪と筋肉内脂肪の相関係数が最も高く ($r = 0.76, 0.77$)、次いで筋間脂肪と腎臓周囲脂肪間の相関係数が高かった ($r = 0.72, 0.74$)。一方、皮下脂肪と腎臓周囲脂肪の相関係数が最も低かった ($r = 0.34, 0.36$)。この結果は、融点や屈折率において皮下と腎臓周囲の両部位の関連の低さを指摘した以前の報告 (入江 2001) と一致する。ただし、吉村と並河 (1983) は、同じ皮下脂肪でも部位により脂肪酸組成が異なることを報告している。本研究の皮下脂肪の採取部位は、吉村と並河の報告 (1983) で比較している部位ほど個体間で異ならなかったが、固定化せず、第 6-7 肋骨間の背側の周辺としたため、この採取部位の不一致が結果に影響を与えた可能性も考えられた。

以上から、現在出荷されている牛脂肪の品質は個体により大きく変動すること、部位間で大半の脂肪酸組成に高い相関が認められることが確認された。

続いて、市場における脂肪の評価とその理化学的測定値にどのような関係があるのか明らかにするため、市場関係者によって脂肪のみを対象として評価された枝肉の調査結果 (Exp 1 および Exp 2) を以下に示す。

Exp 1 において、高評価グループの枝肉は黒毛和種 17 頭、交雑種 2 頭であるのに対し、低評価グループの枝肉は、黒毛和種 6 頭、交雑種 18 頭、アンガス種 1 頭、ホルスタイン種 1 頭であった。両グループの肉質等級は、高評価グループの平均値が 4.1 であるのに対して、低評価グループは 2.5 であった ($P < 0.001$)。しかし、低評価グループには 5 等級、または 4 等級の枝肉も含まれていた。

本試験で評価対象とした脂肪の各測定値は、評価の異なる高、低の 2 グループ間で比較すると、脂肪酸組成のモノ不飽和脂肪酸および C17 : 1 割合においてそれぞれ 1.8, 0.1% のわずかな差が見られた ($P < 0.05$) が、その他の脂肪酸組成では有意な差は認められなかった。融点、屈折率においては、高評価グループでの個体差が 9.3°C, 0.0010 であるのに対し、低評価グループでは 17.0°C, 0.0022 と個体差が大きくなった。また、飽和脂肪酸割合やモノ不飽和脂肪酸割合においても低評価グループの個体間の開きは、高評価グループの約 2 倍であった。

市場においては、硬すぎる脂肪 (硬脂)、軟らかすぎる脂肪 (軟脂) とともに評価が低い。上記のように低評価グループにおいて大きな開きが見られたのは、低評価グループの中に異なる 2 種類の性状を示すものが含まれているからであると考えられた。

そこで、低評価グループの脂肪について、個体間の開きの大きかった飽和脂肪酸割合、モノ不飽和脂肪酸割合の値から、市場での皮下脂肪の平均値に近い飽和脂肪酸割合約 34%、モノ不飽和脂肪酸割合約 60% を境界として 2 つのサブグループに分け、性状の異なる硬脂および軟脂に相当する脂肪を区別した (図 1)。区別された 2 つのサブグループのうち、高飽和脂肪酸割合かつ低モノ不飽和脂肪酸割合のものを低評価 B1 グループ、低飽和脂肪酸割合かつ高モノ不飽和脂肪酸割合のものを低評価 B2 グループとして以下の検討を行った。低評価 B1 グループの枝肉は、黒毛和種 3 頭、交雑種 7 頭、アンガス種 1 頭、ホルスタイン種 1 頭、低評価 B2 グループの枝肉は、黒毛和種 11 頭、交雑種 3 頭であった。

高評価、低評価 B1, B2 各グループの理化学的測定値を表 3 に示した。高評価グループの融点および屈折率は、低評価の B1, B2 グループと差が認められ ($P < 0.05$)、各平均値は低評価 B1 と B2 グループの間に位置していた。また高評価グループは、飽和脂肪酸割合でも融点、屈折率と同様に、低評価 B1, B2 グループの間に位置し、有意な差を示した。また高評価グループは、低評価 B1 グループに比べモノ不飽和脂肪酸割合が高く、低評価 B2 グループに比べ多不飽和脂肪酸割合が低かった ($P <$

Table 2 Correlation coefficients among fatty acid composition of 4 different adipose tissues (n = 95)

	S-SFA	S-MUFA	S-PUFA	IT-SFA	IT-MUFA	IT-PUFA	IM-SFA	IM-MUFA	IM-PUFA	P-SFA	P-MUFA
S-MUFA	-0.97**										
S-PUFA	-0.39**	0.14									
IT-SFA	0.55**	-0.56**	-0.10								
IT-MUFA	-0.51**	0.56**	-0.04	-0.99**							
IT-PUFA	-0.33**	0.13	0.81**	-0.26**	0.10						
IM-SFA	0.58**	0.57**	-0.21*	0.76**	-0.73**	-0.31**					
IM-MUFA	-0.53**	0.57**	0.01	-0.76**	0.77**	0.09	-0.97**				
IM-PUFA	-0.23*	0.02	0.84**	-0.05	-0.11	0.91**	-0.19	-0.06			
P-SFA	0.34**	-0.36**	0.01	0.72**	-0.72**	-0.13	0.60**	-0.61**	0.02		
P-MUFA	-0.31**	0.36**	-0.09	-0.72**	0.74**	0.03	-0.59**	0.62**	-0.12	-0.99**	
P-PUFA	-0.12	-0.07	0.71**	0.14	-0.27**	0.73**	-0.01	-0.19	0.81**	0.12	-0.24*

S-, IT-, IM-, P- ; data of subcutaneous, intermuscular, intramuscular, perirenal fat, respectively.

SFA, saturated fatty acids (sum of C14 : 0, C15 : 0, C16 : 0, C17 : 0 and C18 : 0) ;

MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1) ;

PUFA, polyunsaturated fatty acids (sum of C18 : 2 and C18 : 3).

* $P < 0.05$.

** $P < 0.01$.

Figure 1 Fatty acid composition of bovine subcutaneous fats classified as low quality in Exp 1. The symbol $\diamond$ indicates fats containing higher SFA, lower MUFA concentration, and the symbol $\triangle$ indicates fats containing lower SFA, higher MUFA concentration.

SFA, saturated fatty acids (sum of C14 : 0, C15 : 0, C16 : 0, C17 : 0 and C18 : 0) ; MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1).

0.05). さらに各脂肪酸では、高評価グループは、低評価 B1 グループに比べ飽和脂肪酸の 14 : 0, 16 : 0, 18 : 0 割合が低く、モノ不飽和脂肪酸の 18 : 1 割合が高く、また低評価 B2 グループに比べ多不飽和脂肪酸の 18 : 2 割合

が低かった ($P < 0.05$).

以上から、市場における脂肪品質の評価の違いに、今回測定した理化学的測定値、すなわち融点、屈折率、脂肪酸組成が関係していると考えられた。

さらに、市場において高い評価を得られる脂肪の理化学的測定値の範囲を明らかにするため、融点や屈折率、各脂肪酸割合を変数として高評価グループと低評価 B1, B2 グループ間で判別分析を行った (表 4)。その結果、高評価グループと低評価 B1 グループ間では、説明変数を屈折率または各脂肪酸組成とした場合に誤判別数が少なかった。一方、融点を説明変数とすると、低評価 B1 グループの誤判別数が多かった。この理由として、融点では他の測定値に比べ個体間のばらつきが大きく、そのことが影響した可能性が考えられる。しかし、誤判別された殆どは境界値から 1°C 以内の値であった。以上から、高評価グループと低評価 B1 グループは、理化学的測定値によってほぼ区別できることが示唆された。

各脂肪酸の合計割合を説明変数とした場合には、モノ不飽和脂肪酸割合を用いると、高評価グループと低評価 B1 グループを判別できることがわかった。ただし、それぞれの各脂肪酸割合を説明変数とした結果では、C16 : 0 および C18 : 0 といった飽和脂肪酸割合が判別関数の変数として選択された。表 2 に示した通り、飽和脂肪酸割合とモノ不飽和脂肪酸割合の相関係数は非常に高く ($r = 0.98$)、飽和脂肪酸割合とモノ不飽和脂肪酸割合のバランスが両者のグループ分けに影響していると考えられた。表 4 に示した判別関数より、高評価グループと低評価 B1 グループの境界は、融点 20.8°C, 屈折率 1.4558, モ

Table 3 Physiochemical characteristics for bovine subcutaneous fats classified into each 3 evaluation group in Exp 1

	Evaluation group		
	High	Low (B1)	Low (B2)
Melting point (°C)	19.3 ± 2.2 ^b	23.1 ± 2.3 ^a	14.9 ± 2.9 ^c
Refractive index	1.4560 ± 0.0003 ^b	1.4555 ± 0.0003 ^c	1.4563 ± 0.0003 ^a
Fatty acids (%)			
SFA	33.0 ± 2.1 ^b	38.6 ± 2.5 ^a	30.7 ± 2.3 ^c
MUFA	63.0 ± 1.8 ^a	57.7 ± 2.1 ^b	64.3 ± 2.1 ^a
PUFA	4.0 ± 0.8 ^b	3.7 ± 0.7 ^b	5.0 ± 0.7 ^a
C14 : 0	2.4 ± 0.3 ^b	3.0 ± 0.6 ^a	2.3 ± 0.4 ^b
C14 : 1	2.1 ± 0.6	2.0 ± 0.4	2.3 ± 0.5
C15 : 0	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.0	0.4 ± 0.1
C15 : 1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
C16 : 0	24.2 ± 1.6 ^b	27.8 ± 2.6 ^a	22.5 ± 1.4 ^c
C16 : 1	8.7 ± 1.8	8.3 ± 1.9	9.3 ± 2.0
C17 : 0	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.1
C17 : 1	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
C18 : 0	5.5 ± 1.1 ^b	7.0 ± 1.0 ^a	5.1 ± 1.0 ^b
C18 : 1	52.0 ± 2.6 ^a	47.2 ± 3.7 ^b	52.4 ± 2.5 ^a
C18 : 2	3.9 ± 0.8 ^b	3.6 ± 0.7 ^b	4.9 ± 0.7 ^a
C18 : 3	0.1 ± 0.1 ^{ab}	0.2 ± 0.1 ^a	0.1 ± 0.1 ^b

Values are means ± standard deviation.

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

SFA, saturated fatty acids (sum of C14 : 0, C15 : 0, C16 : 0, C17 : 0 and C18 : 0) ;

MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1) ;

PUFA, polyunsaturated fatty acids (sum of C18 : 2 and C18 : 3).

ノ不飽和脂肪酸割合 60.9% となった。

一方、高評価グループと低評価 B2 グループ間では、低評価 B1 グループとの判別の場合に比べ、誤判別数が全体的に多かった。表 4 の判別関数より、各脂肪酸割合では多不飽和脂肪酸割合や C18 : 2 割合が変数として選択された。このことより、高評価グループと低評価 B2 グループでは多不飽和脂肪酸割合によってある程度、区別できることが示唆された。

得られた判別関数より高評価グループと低評価 B2 グループの境界は、融点 17.4°C、屈折率 1.4561、多不飽和脂肪酸割合 4.4% となった。ただし、高評価グループと評価された試料の約 8 割が飽和脂肪酸割合 32% 以上、モノ不飽和脂肪酸割合が 64% 以下であり、融点や屈折率においても低評価 B2 グループと差が見られた。このことから、モノ不飽和脂肪酸割合は高ければ良いというわけではなく、少なくとも 64% 位までのものが良いと考えられた。

皮下脂肪においてグループ分けした各枝肉の筋間脂肪および筋肉内脂肪の脂肪酸組成を表 5 に示した。高評価グループの枝肉の脂肪は、両部位ともに、低評価 B1 グループのものに比べ飽和脂肪酸割合が低く、モノ不飽和脂肪酸割合が高く、低評価 B2 グループのものに比べ多不飽和脂肪酸割合が低かった ($P < 0.05$)。

ただし、高評価グループの枝肉では、皮下脂肪と筋間脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合がほぼ一定の比率（筋間脂肪/皮下脂肪で 0.9 程度）であるのに対し、低評価グループの枝肉の中には、皮下脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合が同程度の他の枝肉に比べ筋間脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合が低く、両部位のモノ不飽和脂肪酸割合の比率（筋間脂肪/皮下脂肪）が 0.8 を下回るものが含まれていた（図 2）。

本試験を行った市場では脂肪の品質を判断する際、枝肉切開面が狭いことから筋間脂肪ではなく皮下脂肪が主に評価対象として用いられる。枝肉切開面全体を見渡したときに部位間の脂肪性状に違いがあるもの、特に筋間脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合が低い枝肉については、脂肪品質としてあまりよくないとの評価を受けやすいのかもしれない。

以上の Exp 1 においては市場関係者 1 名で評価を行った。評価者は 20 年以上の十分な経験を有し、評価者自身の感覚による判別結果への影響は小さいと考えられる。

Table 4 Classifications of carcasses as high or low quality by canonical discriminant analysis using subcutaneous fat traits in Exp 1 (n = 45)

Discriminant function	Canonical correlation	Evaluation group	Predicted group	
			High	Low (B1/B2)
High vs Low (B1)				
$Z = 0.445X_{MP}-9.251$	0.650	High B1	17 6	2 6
$Z = 3405.190X_{RT}-4957.260$	0.626	High B1	17 2	2 10
$Z = 0.513XM_{UFA}-31.265$	0.810	High B1	17 1	2 11
$Z = 0.448X_{C16:0}+0.799X_{C18:0}-16.289$	0.817	High B1	17 0	2 12
High vs Low (B2)				
$Z = 0.393X_{MP}-6.851$	0.661	High B2	17 4	2 10
$Z = 3368.078X_{RT}-4904.319$	0.498	High B2	17 6	2 8
$Z = 1.323X_{PUFA}-5.852$	0.564	High B2	14 5	5 9
$Z = 1.374X_{C18:2}-5.937$	0.585	High B2	14 4	5 10

X means melting point (MP, °C), refractive index (RT), or concentration of each fatty acid (%).
 MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1) ;
 PUFA, polyunsaturated fatty acids (sum of C18 : 2 and C18 : 3).

が、続いて行った Exp 2 においては、評価者による感覚の差の影響をより小さくするため、いずれも長年の経験を有する市場関係者 3 名により脂肪性状の評価を行った。この際、先の Exp 1 における検討において 2 つのサブグループに分けられることが明らかになった低グループについては、脂肪が硬くて評価の低い低評価 C1 グループ (Exp 1 の低評価 B1 グループに相当)、脂肪が軟らかくて評価の低い低評価 C2 グループ (Exp 1 の低評価 B2 グループに相当) に分けて検討した。

3 名により各グループに選ばれた枝肉は、高評価グループで合計 46 頭 (黒毛和種 36 頭, 交雑種 10 頭), 低評価 C1 グループで合計 28 頭 (黒毛和種 2 頭, 交雑種 5 頭, ホルスタイン種 21 頭), 低評価 C2 グループで合計 14 頭 (黒毛和種 10 頭, 交雑種 4 頭) であった。各グループの肉質等級は、高評価グループの平均値が 3.8 であるのに対して、低評価 C1 グループは 2.2, 低評価 C2 グループは 3.1 であり、グループ間に有意差が認められた ($P < 0.05$)。しかし、Exp 1 と同様に低評価 C1, C2 グループには 4 等級の枝肉も含まれていた。

まず、評価者による感覚の影響を確認するため、各評

価者が市場において判別した各グループの脂肪の理化学的測定値を比較した (表 6)。その結果、高評価グループの脂肪については、各測定値はほぼ等しく、評価者間に有意な差は認められなかった。低評価 C1 グループでは、モノ不飽和脂肪酸割合のみ評価者間で有意差が認められた ($P < 0.05$) が、その差は 2.7% と小さかった。一方、低評価 C2 グループの試料は、評価者によっては該当する枝肉が 1 または 4 頭と非常に少数であったため、評価者間の比較ができなかった。また低評価 C2 グループの中には、関係者によっては高評価グループであると評価される枝肉も含まれていた。なお、低評価 C2 グループに該当する全枝肉 14 頭の皮下脂肪の脂肪酸組成は、飽和脂肪酸、モノ不飽和脂肪酸、多不飽和脂肪酸割合の平均値でそれぞれ 31.8, 63.9, 4.4% であった。

牛脂肪の脂肪酸組成は、季節により変化し、夏季には冬季に比べ不飽和脂肪酸割合が減少することが報告されている (Link ら 1970a, b ; 石田ら 1988)。このため市場に出荷される牛枝肉も季節により脂肪の性状が変化すると考えられる。低評価 C2 グループにおいて該当枝肉数が少なく、評価者間に差が見られたのは、Exp 2 が夏季

Table 5 Fatty acid composition for bovine intermuscular and intramuscular fats classified into each 3 evaluation group in Exp 1

	Evaluation group		
	High	Low (B1)	Low (B2)
Intermuscular fats			
Number	19	12	14
SFA	38.5 ± 3.8 ^b	45.9 ± 4.1 ^a	38.4 ± 5.4 ^b
MUFA	58.2 ± 3.5 ^a	50.8 ± 3.7 ^b	57.4 ± 4.9 ^a
PUFA	3.4 ± 0.6 ^b	3.4 ± 0.7 ^b	4.1 ± 0.7 ^a
Intramuscular fats			
Number	12	8	10
SFA	41.7 ± 2.3 ^b	46.2 ± 3.4 ^a	42.2 ± 3.5 ^b
MUFA	55.4 ± 2.1 ^a	50.5 ± 2.9 ^b	53.9 ± 3.3 ^a
PUFA	2.9 ± 0.6 ^b	3.3 ± 0.7 ^{ab}	3.9 ± 0.6 ^a

Values are means ± standard deviation.

^{a,b} Values in the same line with different superscripts are different ($P < 0.05$).

SFA, saturated fatty acids (sum of C14 : 0, C15 : 0, C16 : 0, C17 : 0 and C18 : 0) ; MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1) ; PUFA, polyunsaturated fatty acids (sum of C18 : 2 and C18 : 3).

Figure 2 Relationship of MUFA concentration in subcutaneous and intermuscular fats classified into each evaluation group in Exp 1. (● ; High, ◇ ; Low (B1), △ ; Low (B2)).
MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1).

Table 6 Physiochemical characteristics for bovine subcutaneous fats classified into High or C1 group by 3 judges in Exp 2

Judge	X	Y	Z
High group			
Number	28	16	15
Melting point (°C)	20.0 ± 3.2	20.2 ± 2.9	19.2 ± 2.5
Refractive index	1.4560 ± 0.0003	1.4561 ± 0.0002	1.4561 ± 0.0003
Fatty acids (%)			
SFA	34.1 ± 2.1	34.2 ± 1.9	33.7 ± 2.0
MUFA	61.5 ± 2.1	61.6 ± 1.9	61.9 ± 2.0
PUFA	4.5 ± 0.7	4.2 ± 0.6	4.3 ± 0.4
C1 group			
Number	15	8	9
Melting point (°C)	26.9 ± 4.1	26.5 ± 4.0	24.1 ± 4.4
Refractive index	1.4553 ± 0.0003	1.4555 ± 0.0003	1.4556 ± 0.0005
Fatty acids (%)			
SFA	42.1 ± 2.5	40.9 ± 1.4	39.2 ± 3.5
MUFA	53.9 ± 2.5 ^b	55.2 ± 1.4 ^{ab}	56.6 ± 3.0 ^a
PUFA	4.0 ± 0.6	4.0 ± 0.5	4.1 ± 1.0

Values are means ± standard deviations.

^{a,b} Values in the same line with different superscripts are different ($P < 0.05$).

SFA, saturated fatty acids (sum of C14 : 0, C15 : 0, C16 : 0, C17 : 0 and C18 : 0) ;

MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1) ;

PUFA, polyunsaturated fatty acids (sum of C18 : 2 and C18 : 3).

に行われたため、冬季に行われた Exp 1 ほど軟らかい脂肪の枝肉が多く出荷されず、低評価 C2 グループに該当するものが少なかったこと、あるいはこれが原因で判断が難しかった可能性がある。

以上から、低評価 C2 グループを除くグループ、特に高評価グループについては、評価者による判別の差が非常に小さく、3名の評価者の感覚はほぼ一致していると考えられた。

続いてどのような脂肪性状が高い評価を得ているのか明らかにするため、Exp 1 と同様に各グループの脂肪における融点や屈折率、各脂肪酸割合を変数として、各評価者の高評価と低評価 C1 各グループ間で判別分析を行った。その結果(表 7)、一部に低評価 C1 グループでの誤判別数が多い場合も見られたが、それ以外の判別確率はいずれも 80% 以上であった。このことから、Exp 1 の結果と同様に、高評価グループと低評価 C1 グループは、理化学的測定値で区別できることが示唆された。表 7 の各評価者の判別に基づく判別関数より、高評価グループと低評価 C1 グループの境界は、融点で平均 21.9℃ (21.0

～22.5℃)、屈折率で 1.4559 (1.4558～1.4559) であった。

また脂肪酸割合では、変数として飽和脂肪酸割合が選択されたものについて、市場から採取した皮下脂肪 180 検体の脂肪酸組成より得られた飽和脂肪酸割合 (X_{SFA}) とモノ不飽和脂肪酸割合 (X_{MUFA}) との関係式 ($X_{MUFA} = 92.02 - 0.89X_{SFA}$, $r = -0.97$) からモノ不飽和脂肪酸割合の値を推定すると、各評価者の高評価グループと低評価 C1 グループの境界は、モノ不飽和脂肪酸割合で平均 59.6% (59.2～59.9%) となった。これらの値は、冬季に行った Exp1 の結果と比べ、融点が約 1℃ 高く、モノ不飽和脂肪酸割合が約 1% 低かった。また、評価者間の境界値の差は、屈折率で 0.0001 であり、モノ不飽和脂肪酸割合(飽和脂肪酸割合からの推定値を含む)でも 1% 以内であった。このことから、低評価 C1 グループの判別についても、高評価グループと同様に各評価者の感覚はほぼ一致していると考えられた。

以上より、市場において、脂肪性状に季節による影響は若干あるものの、少なくとも皮下脂肪の融点が約 17～21℃、屈折率が 1.4559～1.4561 程度、モノ不飽和脂肪酸

Table 7 Classifications of carcasses as high (High) or low (C1) quality by canonical discriminant analysis using subcutaneous fat traits in Exp 2 (n = 74)

Variable X	Judge	Discriminant function	Canonical correlation	Evaluation group	Predicted group	
					High	Low (C1)
Melting point (°C)	X	$Z = 0.283X_{MP} - 6.355$	0.688	High C1	25 5	3 10
	Y	$Z = 0.306X_{MP} - 6.820$	0.692	High C1	15 3	1 5
	Z	$Z = 0.300X_{MP} - 6.304$	0.595	High C1	14 2	1 7
Refractive index	X	$Z = 3847.649X_{RT} - 5601.354$	0.796	High C1	25 2	3 13
	Y	$Z = 4563.899X_{RT} - 6644.423$	0.810	High C1	15 1	1 7
	Z	$Z = 2680.057X_{RT} - 3901.916$	0.520	High C1	12 5	3 4
Fatty acids (%)	X	$Z = 0.447X_{SFA} - 16.483$	0.869	High C1	28 1	0 14
	Y	$Z = 0.570X_{SFA} - 20.768$	0.882	High C1	15 0	1 8
	Z	$Z = 0.414X_{MUFA} - 24.803$	0.743	High C1	14 3	1 6

X means melting point (MP, °C), refractive index (RT), or concentration of each fatty acid (%).

SFA, saturated fatty acids (sum of C14 : 0, C15 : 0, C16 : 0, C17 : 0 and C18 : 0) ;

MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and C18 : 1).

Table 8 Fatty acid composition of bovine intermuscular fats evaluated as good quality by 3 meat retail stores and the meat wholesale market

	Retail store			Wholesale market ¹⁾
	I	II	III	
SFA	39.4 ± 6.7 ^{ab}	35.3 ± 5.5 ^b	38.3 ± 3.3 ^{ab}	39.9 ± 3.5 ^a
MUFA	56.9 ± 6.7 ^{ab}	60.9 ± 5.3 ^a	58.4 ± 3.2 ^{ab}	56.6 ± 3.5 ^b
PUFA	3.7 ± 1.0	3.8 ± 0.9	3.3 ± 0.3	3.5 ± 0.6
Number	10	13	7	65

Values are means ± standard deviation.

¹⁾ All the data of carcasses classified as high quality both in Exp 1 and Exp 2 investigations were used.

^{a, b} Values in the same line with different superscripts are different ($P < 0.05$).

SFA, saturated fatty acids (sum of C14 : 0, C15 : 0, C16 : 0, C17 : 0 and C18 : 0) ;

MUFA, monounsaturated fatty acids (sum of C14 : 1, C15 : 1, C16 : 1, C17 : 1 and

C18 : 1) ; PUFA, polyunsaturated fatty acids (sum of C18 : 2 and C18 : 3).

割合が約 61～64% のもので評価が高いと考えられた。ただし、評価の高い脂肪と軟らかくて評価の低い脂肪との境界については、Exp 1 における評価試験から多不飽和脂肪酸割合が 4.4% 以下であることが明らかになったが、Exp 2 の試験では選抜数が少なく、具体的な数値が検討できなかった。

一方、Exp 2 に評価された枝肉の筋間脂肪については、飽和脂肪酸、モノ不飽和脂肪酸、多不飽和脂肪酸割合の平均値が高評価グループでそれぞれ 40.5, 56.0, 3.5%, 低評価 C1 グループでそれぞれ 50.1, 46.4, 3.5% であり、皮下脂肪と同様、評価により脂肪酸組成が異なっていた ($P < 0.001$)。

続いて、牛肉小売店における評価と理化学的測定値との関連を調べた結果を示す。表 8 は各小売店が脂肪の品質が良いと評価した牛肉と、市場関係者が Exp 1 および Exp 2 で高評価グループに選んだ枝肉から得た筋間脂肪における脂肪酸組成の平均値と標準偏差である。小売店 II の飽和脂肪酸割合やモノ不飽和脂肪酸割合は、小売店 I や市場の値と比べ平均値で約 4% の差がみられ、市場の値とは有意差が認められた ($P < 0.05$)。このことから、小売店 II は、特に飽和脂肪酸割合がやや低い軟らかい脂肪を好むことが示唆された。しかし、小売店 I, II における脂肪酸割合は、標準偏差が大きく、個体間のばらつきが大きかった。皮下脂肪を採取できない試料があったため比較はできないが、市場と同様、皮下脂肪と筋間脂肪に性状の違いがあったため、筋間脂肪において個体間のばらつきが大きくなったのかもしれない。多不飽和脂肪酸割合については、大きな違いは見られなかった。

以上から、小売店において好まれる脂肪の理化学的測定値は、市場におけるものと大きく異なることはなかった。ただし、小売店によって違いがあり、飽和脂肪酸割

合が低くモノ不飽和脂肪酸割合の多い軟らかい脂肪を好む小売店もあることがわかった。

本試験において、融点や屈折率、脂肪酸組成において好まれる脂肪性状の範囲が推定できた。しかし、軟らかい脂肪については、多不飽和脂肪酸割合との関連性が Exp 1 においてのみ示唆され、Exp 2 においては必ずしも示されなかった。これは、出荷される牛枝肉の脂肪性状が季節で異なることによるものかもしれない。小売店においてはモノ不飽和脂肪酸割合が多く、市場においてよりも軟らかい脂肪を好む店も見られた。このような結果に不飽和脂肪酸の種類が関連しているのか、あるいはその他の因子が関連しているのか、今後より詳細な検討が必要であると考えられた。

謝 辞

本研究は、農林水産省、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業委託事業「光学的手法による和牛肉品質の評価技術とその応用」(No. 1674, 代表：入江正和)の研究費により行われた。本研究の遂行にあたり、試料採取や品質の評価や格付情報の収集にご協力いただいた市場関係職員および格付協会職員、統計処理に有益なご助言をいただいた(独)畜産草地研究所の佐々木啓介博士、エバルスアグロテック(株)リサーチセンターの大谷新太郎博士、ならびに、調査にご協力いただいた近畿大学の中山真理さん、角間智子さん、仲村茂記さんに深謝致します。

文 献

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1975. *Official Methods of Analysis*. 12th edn. AOAC, Arlington, VA.
- Clemens E, Arthaud V, Mandigo R, Woods W. 1973. Fatty acid composition of bulls and steers as influenced by age and dietary energy level. *Journal of Animal Science* **37**, 1326-

- 1331.
- Dryden FD, Marchello JA. 1970. Influence of total lipid and fatty acid composition upon the palatability of three bovine muscles. *Journal of Animal Science* **31**, 36-41.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry* **226**, 497-509.
- Huerta-Leidenz NO, Cross HR, Savell JW, Lunt DK, Baker JF, Smith SB. 1996. Fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from male calves at different stages of growth. *Journal of Animal Science* **74**, 1256-1264.
- 井上慶一, 平原さつき, 撫年浩, 藤田和久, 山内健治. 2002. 交雑種肥育牛の胸最長筋の粗脂肪含量および脂肪酸組成に及ぼす種雄牛の影響. 日本畜産学会報 **73**, 381-387.
- 入江正和. 2001. 牛の脂肪における理化学的性状. 大阪府立農林技術センター研究報告 **37**, 43-47.
- Irie M, Oka A, Iwaki F. 2003. Fibre-optic method for estimation of bovine fat quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **83**, 483-486.
- 石田光晴, 武田武雄, 斎藤孝夫, 鹿野裕志, 松本 忠, 高橋 功. 1988. 肥育期間中における黒毛和種去勢牛の皮下脂肪脂肪酸組成の変動. 日本畜産学会報 **59**, 496-501.
- 岩本英治. 2007. 呈味性を加味した和牛肉生産技術. 農林水産技術研究ジャーナル **30** (10), 21-25.
- Kazala EC, Lozeman FJ, Mir PS, Laroche A, Bailey DRC, Weselake RJ. 1999. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. *Journal of Animal Science* **77**, 1717-1725.
- 木村信熙. 1998. 牛肉のおいしさと飼養管理 ②. 養牛の友 **38** (5), 38-40.
- Link BA, Bray RW, Cassens RG, Kauffman RG. 1970a. Fatty acid composition of bovine subcutaneous adipose tissue lipids during growth. *Journal of Animal Science* **30**, 722-725.
- Link BA, Bray RW, Cassens RG, Kauffman RG. 1970b. Fatty acid composition of bovine skeletal muscle lipids during growth. *Journal of Animal Science* **30**, 726-731.
- 松田武昭. 2004. 流通が望む牛肉, 望まない牛肉. 畜産システム研究会報 **27**, 1-12.
- Melton SL, Amiri M, Davis GW, Backus WR. 1982. Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-, forage-grain- and grain-finished steers. *Journal of Animal Science* **55**, 77-87.
- 村田富夫. 1988. 枝肉格付成績からみた和牛去勢枝肉販売単価に影響する諸要因. 日本畜産学会報 **59**, 269-277.
- 日本食肉格付協会. 2001. 牛・豚枝肉, 牛・豚部分肉取引規格解説書. p. 24. (社)日本食肉格付協会, 東京.
- 日本食肉消費総合センター. 2005. 食肉の官能評価ガイドライン. pp. 123-131. (社)日本食肉消費総合センター, 東京.
- Nishioka T, Irie M. 2006. Fluctuation and criteria of porcine fat firmness. *Animal Science* **82**, 929-935.
- 岡 章生. 2004. 異常を発生させないビタミンA制御技術と肉質改良の今後. 畜産システム研究会報 **27**, 17-23.
- Oka A, Iwaki F, Dohgo T, Ohtagaki S, Noda M, Shiozaki T, Endoh O, Ozaki M. 2002. Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers. *Journal of Animal Science* **80**, 1005-1011.
- 岡本圭介, 口田圭吾, 加藤貴之, 鈴木三義, 三好俊三. 2003. 枝肉形質および画像解析形質が牛枝肉価格に与える影響. 日本畜産学会報 **74**, 475-482.
- Perry D, Nicholls PJ, Thompson JM. 1998. The effect of sire breed on the melting point and fatty acid composition of subcutaneous fat in steers. *Journal of Animal Science* **76**, 87-95.
- Waldman RC, Suess GG, Brungardt VH. 1968. Fatty acids of certain bovine tissue and their association with growth, carcass and palatability traits. *Journal of Animal Science* **27**, 632-635.
- Westerling DB, Hedrick HB. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *Journal of Animal Science* **48**, 1343-1348.
- 山口静子. 2002. 牛肉のおいしさと消費者嗜好. 食肉の科学 **43**, 131-139.
- 吉村豊信, 並河 澄. 1983. 牛の皮下脂肪組織中脂質および脂肪酸組成に対する品種, 性および蓄積部位の影響. 日本畜産学会報 **54**, 97-105.
- Zembayashi M, Nishimura K, Lunt DK, Smith SB. 1995. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. *Journal of Animal Science* **73**, 3325-3332.
- 全国肉用牛振興基金協会. 2007. 牛肉の美味しさ評価手法に関する指針作りに向けて一黒毛和種の脂肪の質を中心に. (社)全国肉用牛振興基金協会, 東京.

Relationships between the meat wholesale market's and retail stores' preferences and physiochemical traits of bovine fat

Terumi NISHIOKA¹, Yuzuru ISHIZUKA¹, Keiko YASUMATSUYA¹ and Masakazu IRIE²

¹ Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefectural Government,
Habikino 583-0862, Japan

² Department of Agriculture, University of Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan

Corresponding : Terumi NISHIOKA (fax : +81 (0) 72-956-9691, e-mail : nishioka@mbox.epcc.pref.osaka.jp)

This study was conducted to examine the fluctuation and the relations between the quality estimation and several physiochemical properties of bovine fats. The samples of 344 carcasses were obtained from the meat wholesale market and three retail stores, and their melting point, refractive index and fatty acid composition were investigated. The differences between the maximum and minimum of subcutaneous and intermuscular fats were about 20°C in melting point and about 20% in saturated fatty acid (SFA) concentration. There were significant differences in many physiochemical characteristics among different evaluation groups in the market ($P < 0.05$). Some difficulty of classifying soft and low quality fats and seasonal effects might exist, but the discriminant analysis suggested that the subcutaneous fats ranging about 17–21°C in melting point, about 1.4559–1.4561 in refractive index, about 61–64% in monounsaturated fatty acid (MUFA) concentration were categorized as preferable and high quality in the market. The preferable fat qualities for the meat retail stores were similar to that for the meat market. These results indicate that there are wide fluctuations in the bovine fat quality, and that the fats categorized as high quality in the meat wholesale market and retail stores could be mostly discriminated by physiochemical traits.

Nihon Chikusan Gakkaiho 79 (3), 391–401, 2008

Key words : beef, fat quality, fluctuation, preference.