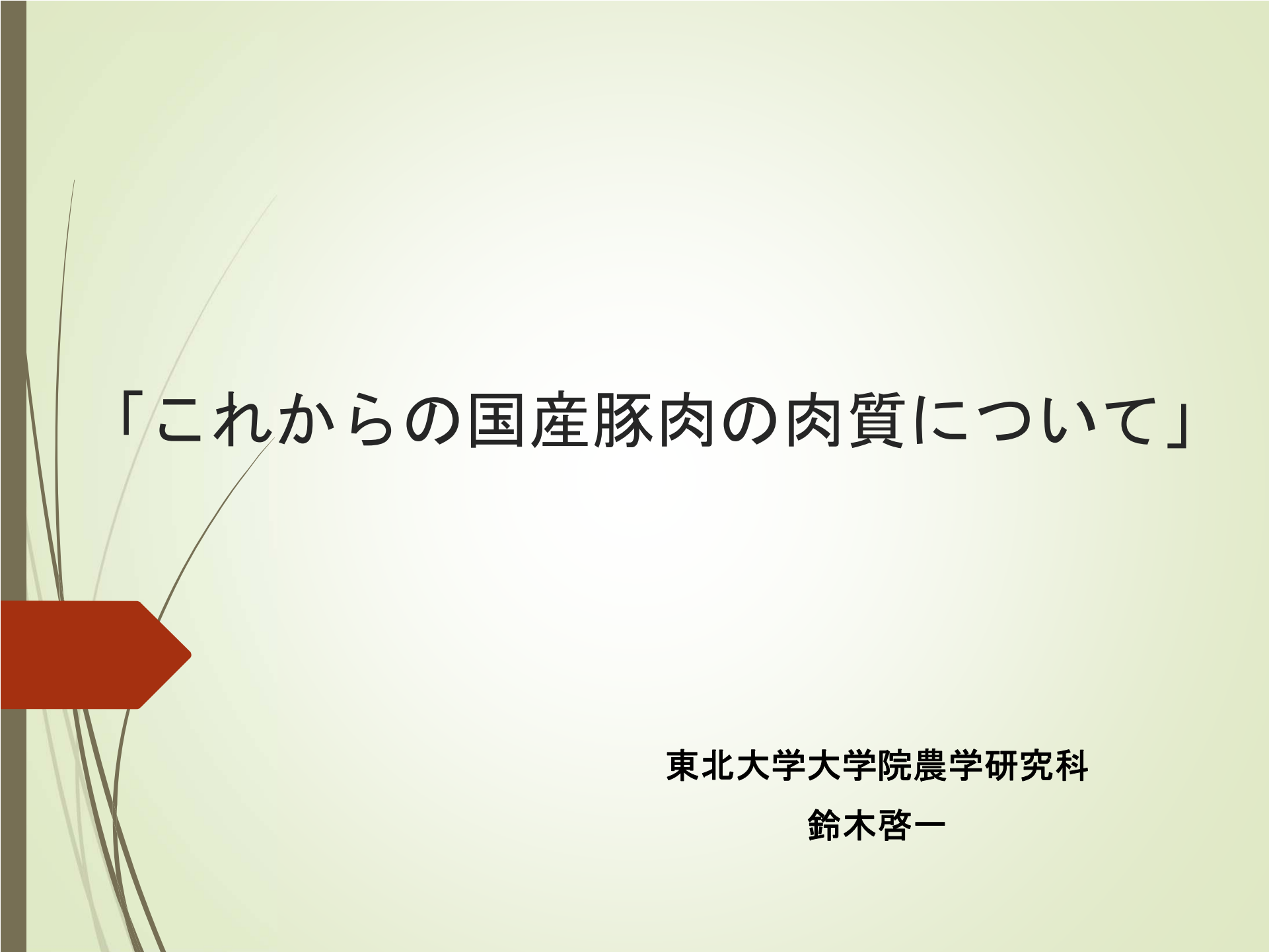




「これからの国産豚肉の肉質について」

東北大学大学院農学研究科

鈴木啓一



講演内容

1. 日本人は豚肉に何を求めるのか
2. 美味しい肉質の評価法とは
3. 肉質差別化の事例
4. 肉質の遺伝的改良
 - 肉質改良には血統管理が重要 —
5. 飼料内容、飼養管理等の重要性
6. 肉質改良と差別化のための留意点

1. 日本人は豚肉に何を求めるのか

➤ 豚肉の食品の位置づけ

- ✓ 価格が手頃
- ✓ 蛋白質が豊富
- ✓ 調理しやすい
- ✓ 料理メニューの種類が多い、

➤ 購入頻度

- ✓ 週に1日程度、週に2～3日程度

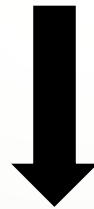
➤ 購入先

- ✓ 食品スーパー：77.2%
- ✓ 大型スーパー：41.2%
- ✓ 生協：10.8%
- ✓ 食肉専門店：7.4%
- ✓ 百貨店：5.0%

食卓には
必須の素材

➤ 購入時に重視する項目

- ✓ 価格が手軽であること：73.6%（41.7%）
- ✓ 国産であること：49.5%（28.4%）
- ✓ 鮮度が良いこと：46.0%（12.9%）
- ✓ 量目（パック内の肉重量）：36.0%（3.9%）
- ✓ 産地・銘柄（ブランド）等がしっかり表示されていること：30.7%（9.9%）



価格、国産、鮮度が優先、産地・銘柄は
必ずしも高くはない

なぜか？

肉質に関する事前情報無し、
食べてみて初めて実感する

肉質の評価について

生産出荷された豚は以下の流れで消費者の口に入る。しかし、日本食肉格付協会による枝肉・部分肉の評価以外の段階では必ずしも明確な基準に基づいた肉質の評価は行われていない

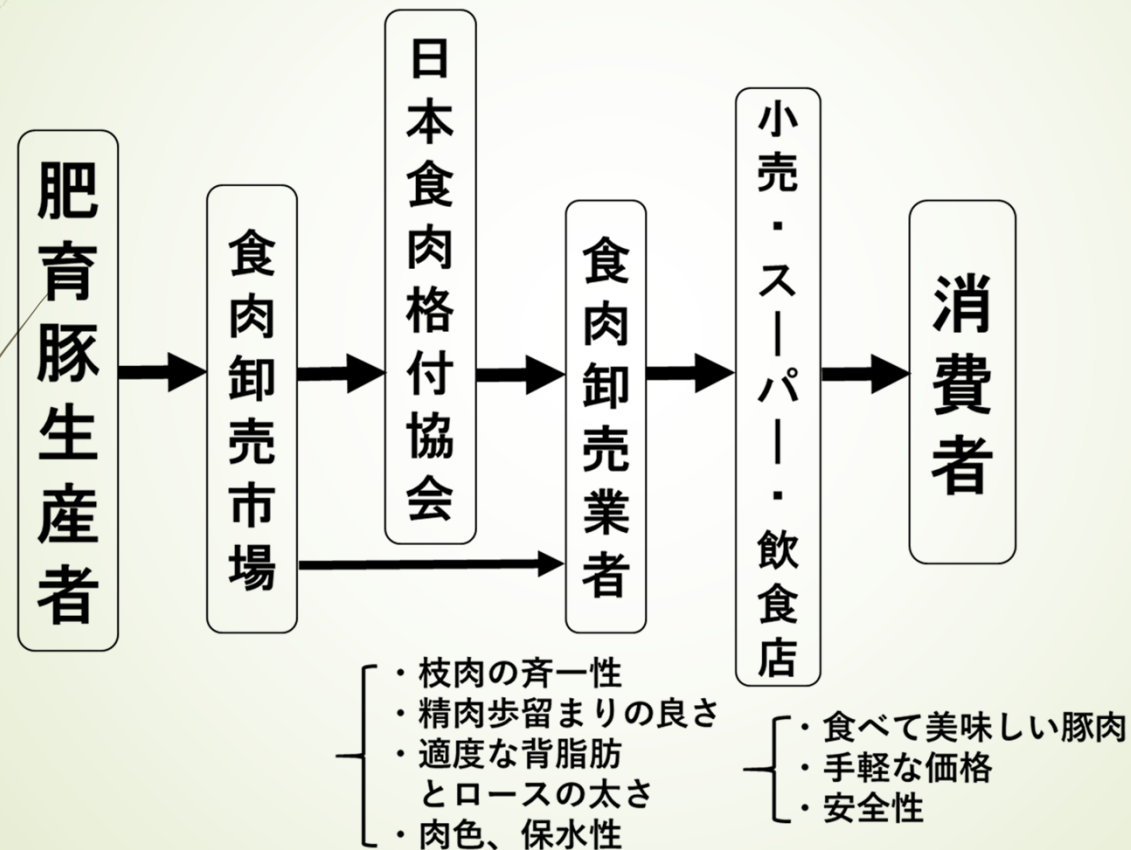
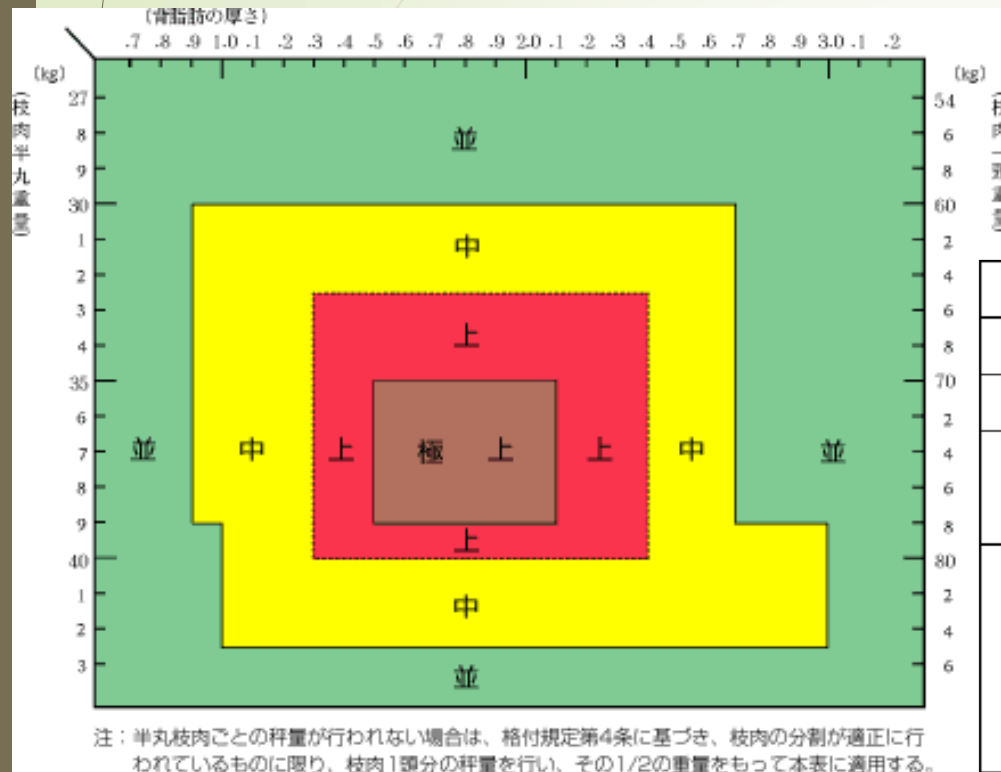


図 1. 生産者から食肉市場、食肉格付け、食肉卸売業者、量販店・スーパー・飲食店から消費者までの豚肉の流れ

日本食肉格付協会による枝肉評価

主として外観による評価



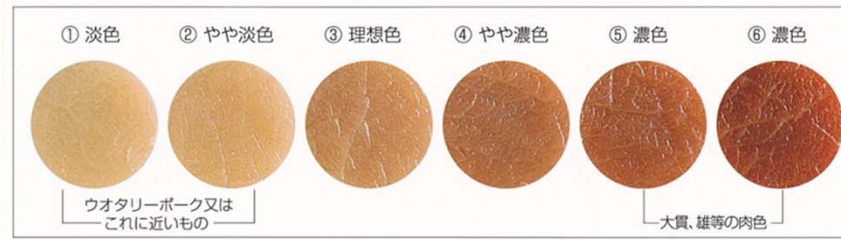
等級	重量 (kg)	背脂肪 (cm)
極上	35.0以上 ~ 39.0以下	1.5以上 ~ 2.1以下
上	32.5以上 ~ 40.0以下	1.3以上 ~ 2.4以下
中	30.0以上 ~ 39.0未満 39.0以上 ~ 42.5以下	0.9以上 ~ 2.7以下 1.0以上 ~ 3.0以下
並	30.0未満 30.0以上 ~ 39.0未満 39.0以上 ~ 42.5以下 42.5超過	0.9未満 2.7超過 1.0未満 3.0超過

図2. 枝肉半丸重量と背脂肪の厚さによる等級の判定表（皮はぎ用）
（公益財団法人日本食肉格付協会HPより）

外観	肉質
均称	肉の締まり 及びきめ
肉づき	肉の色沢
脂肪付着	脂肪の色 沢と質
仕上げ	脂肪の沈 着

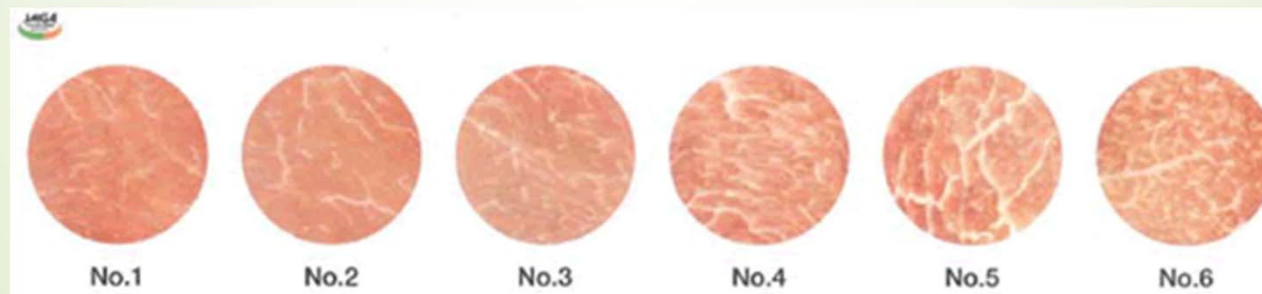
肉色

ボークカラー・スタンダード(胸最長筋における肉色判定)



締まり及びきめ

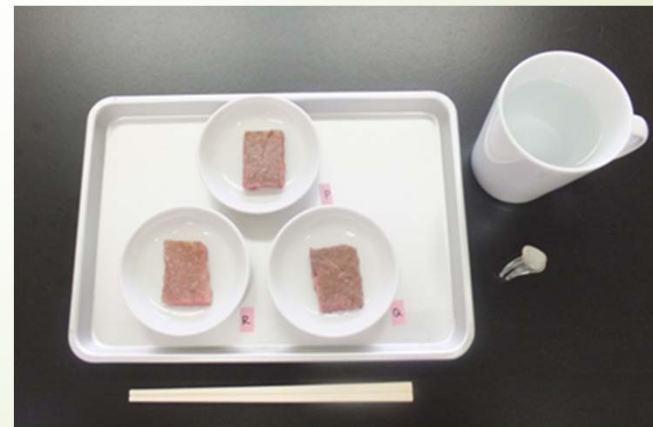
粗脂肪含量との関連が示唆されている(未公表)



**図3. 外観の肉色の評価と豚肉の脂肪交雑基準(P.M.S.)
(日本食肉格付け協会HPより)**

2. 美味しい肉質の評価法とは

- 人が直接食べて評価する官能評価がベスト
- 官能評価とは、視覚、嗅覚、味覚、触覚、および聴覚を介して知覚されている食品や物質の特性に対する反応を喚起、測定、分析、解釈する。
- 官能検査は、(1) 分析型官能検査、(2) 記述的官能検査、および(3) 嗜好型官能検査の3つあり、嗜好型官能検査は一般消費者パネル、分析型官能検査は訓練パネルにより行われる。
- 器械測定による評価は、人間の脳による知覚経験の解釈の重要な知覚プロセスを欠いている値を与えるので人間の感覚データを収集することが重要。



訓練パネルによる分析型官能検査
(日本女子大飯田教授研究室)

豚の肉質を全て官能試験により評価することは困難

機器による
測定で評価



- ◆ 柔らかさ
- ◆ 多汁性
- ◆ 脂肪含量な
どの測定
- ◆ 味、香

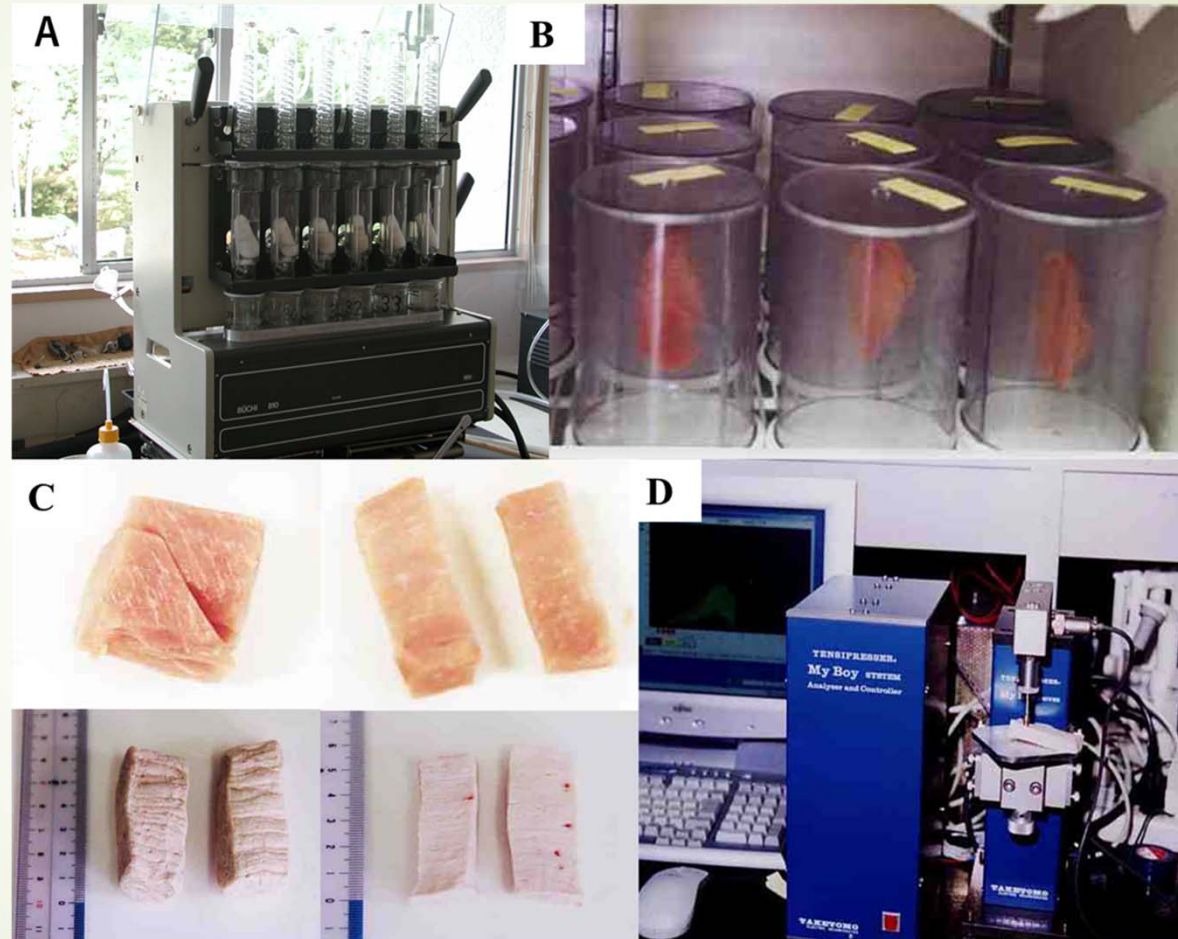


図7. 機器による肉質分析 (A: エーテル抽出法による死亡含量の測定、
B: 肉片のドリップロス測定、C: ドリップロスサンプルと測定後の肉片、
D: 肉片を使った柔らかさの測定)

- 官能特性検査で得られた評価値と機器測定値（化学成分等）を統計的処理により結合し、機器による客観的測定値から味や香りなど官能特性に優れた豚肉質を評価する手法が必要

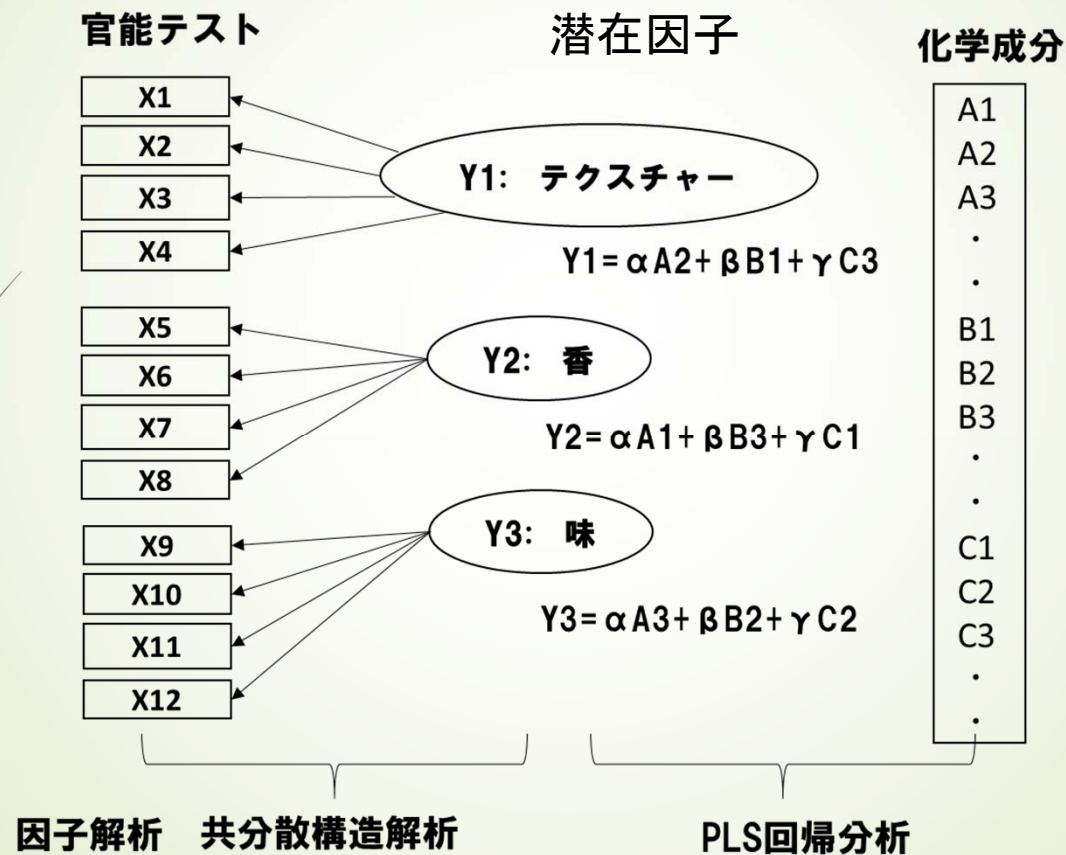


図8. 因子解析・共分散構造分析とPLS回帰分析による官能テストに係わる化学成分特定モデル

3. 肉質差別化の事例

宮城の銘柄豚リスト

1. 北の杜・桃生ポーク(ものうポーク)
2. 純・和豚
3. 志波姫ポーク(しわひめポーク)
4. みちのくもち豚
5. 宮城野豚
6. 宮城野豚みのり
7. JAPAN X(ジャパンエックス)
8. 栗駒高原カテキンとん
9. 高清水KYOポーク
10. しもふりレッド
11. 伊達の純粹赤豚
12. 天神の杜 大泉ポーク

日本の銘柄豚の銘柄数は
300種類？

福島銘柄豚リスト

1. 日本の豚やまと豚SPF
2. 麓山高原豚
3. 恵味の豚
4. 木野内さん家の豚肉
5. 夢味ポーク
6. うつくしまエゴマ豚
7. 白河高原清流豚
8. 恵味の豚

山形銘柄豚リスト

1. 高品質庄内豚
2. 平牧金華豚
3. 平牧三元豚
4. 平牧桃園豚
5. ヘルシーポーク天元豚
6. 山形コープ豚
7. 米澤豚一番育ち
8. 庄内ヨーク三元豚
9. 米の娘豚(こめのこぶた)
10. 舞米豚(まいまいとん)

肉豚生産の現状

1. 我が国の豚肉の8割はLWD三元交雑豚

- ✓ ランドレース種：繁殖能力に優れる
- ✓ 大ヨークシャ種：繁殖能力、強健性に優れる
- ✓ デュロック種：産肉能力・肉質に優れる

2. 肉質に特徴のある豚肉生産

- ✓ 肉質に優れた純粋黒豚
- ✓ 筋肉内脂肪を遺伝的に高めたトーキョーX、しもふりレッド、ユメサクラなど
- ✓ 品種組み合わせによる特徴ある銘柄肉豚：LDB、WBD、LYB、L♀ etc
- ✓ 給与飼料による銘柄豚肉生産
- ✓ SPF豚

仙台市内で販売されていた銘柄豚

店	銘柄豚	価格(円/100g)
仙台三越	黒豚	510円
	プレミアムアグ〜	780円
仙台駅ビルニュー・クイック	神奈川県産はま豚	480円
	愛媛県産甘とろ豚	429円
	純粋金華豚	650円



食味の結果

令和2年1月19日実施

豚肉食味試験アンケート

年齢

性

Q 記入例

対照	A	B	C	D	E
3	3	4	2	4	5

豚肉を食べた後に判定してください。

Q1 やわらかさ

やわらかい	やややわらかい	普通	ややかたい	かたい
5	4	3	2	1

Q1

黒豚	あぐー	はま豚	甘とろ豚	金華豚	JapanX

Q2 多汁性（ジューシーさ）

ジューシー	ややジューシー	普通	ややパサパサ	パサパサ
5	4	3	2	1

Q2

黒豚	あぐー	はま豚	甘とろ豚	金華豚	JapanX

Q3 味

大変味が良い	味が良い	普通	やや味が薄い	味が悪い
5	4	3	2	1

Q3

黒豚	あぐー	はま豚	甘とろ豚	金華豚	JapanX

Q4 風味

非常に良い	良い	普通	やや悪い	悪い
5	4	3	2	1

Q4

黒豚	あぐー	はま豚	甘とろ豚	金華豚	JapanX

Q5 総合評価（やわらかさ、味、風味）

良い	やや良い	普通	やや悪い	悪い
5	4	3	2	1

Q5

黒豚	あぐー	はま豚	甘とろ豚	金華豚	JapanX

●両方食べた後に判定してください。

4. 肉質の遺伝的改良

肉質とは：人が食べて感じる特性値と原因

1. 物理的特性値

柔らかさ、弾力性、多汁性：筋線維分解、筋線維、結合組織

2. 脂肪の質と量

なめらかさ、口当たり（口溶け）、甘さ：脂肪酸融点、脂肪細胞の数と大きさ、結合組織

3. 味

味の有無：アミノ酸、ペプチドの分解量、イノシン酸など核酸関連物質含量、グルコースなど単糖含量

4. 香り

悪い豚臭さ：男性ホルモン、腸内環境

筋肉内脂肪を改良形質とした試験 (しもふりレッド) の紹介

改良目標：肉質が柔らかく、保水性、食感に優れた肉質のデュロック
改良形質：増体量、皮下脂肪厚、筋肉内脂肪、肉の柔らかさ

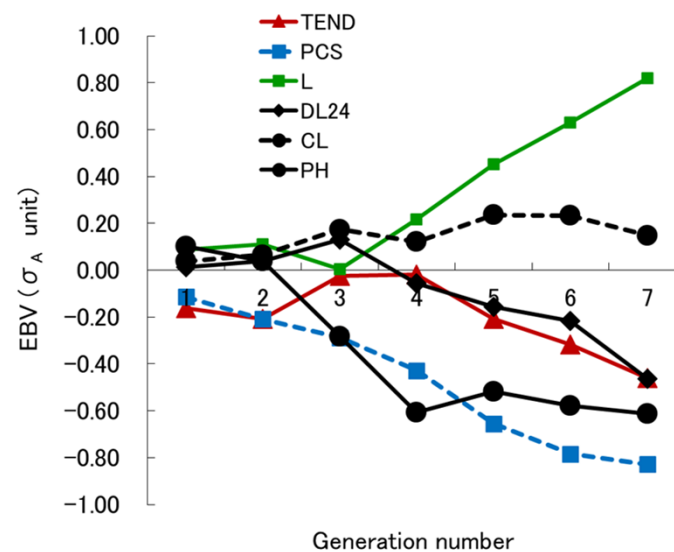
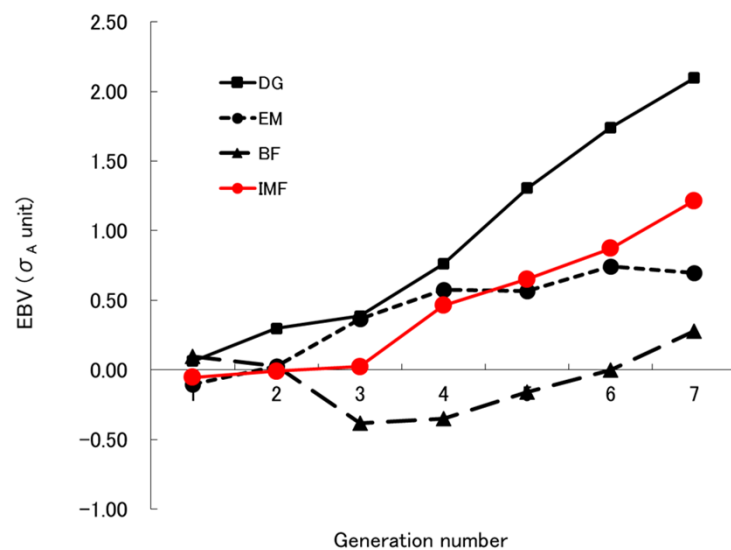
分娩	一次 選抜	能力 検定	二次 選抜	交配
Feb.	April	May-August	September	October
♂ 200	50	30kg-----105kg	15	15
	80	30kg-----105kg(Slaughter)		×
♀ 200	120	30kg-----105kg	50	50

↑

一年一世代で世代を更新：1995－2001 (7世代)
選抜方法：アニマルモデルBLUP法により育種価推定

選抜試験の結果

	DG g/日	EM cm ²	BF cm	IMF %	TEND kg/w
表型値累積 重付選抜差	225.07	4.06	0.10		
遺伝率	0.48	0.45	0.72	0.46	0.45
期待反応量	108.03	1.83	0.07		
育種価累積 重付選抜差	114.87	2.03	0.05	1.24	-3.92
第7世代育 種価	122.50	1.73	0.09	1.20	-4.34
目標改良量	135.00	3.70	-0.34	0.70	



Duroc系統豚は“しもふりレッド”と命名





育種改良成功のための必須事項

1. 種豚の交配、分娩、能力検定に伴う適切な飼養管理
2. 正確な血統管理（血統登録）、種豚体型審査などの評価
3. 適切な選抜形質の決定と、正確な測定
4. 測定値から推定した遺伝的能力（育種価）の基づく選抜と交配
5. 増体能力、肉質などの改良形質の良否に加え、肢蹄の強健性、繁殖能力のチェック

5. 飼料内容、飼養管理等の重要性

- ◆家畜の産肉、繁殖能力、肉質形質は遺伝的能力が全てではない。
- ◆遺伝的な影響は高くても6割程度、残りは環境効果（飼料内容、飼養管理）が影響する。
- ◆食品残渣物など低タンパク質飼料給与により筋肉内脂肪が増加する。
- ◆エゴマ絞り粕の飼料給与により、脂肪酸の γ -リノール酸等、 ω 3脂肪酸が増加する。
- ◆疾病の罹患により、サイトカインなどが活発に活動し、エネルギーが消費されるため筋肉の蓄積グリコーゲンが減少し、肉質が低下。

エゴマ絞り粕の飼料添加による豚肉の高付加価値化

エゴマ絞粕の成分

成分	%
水分	4.3
粗たんぱく質	24.3
粗脂肪	23.8
粗繊維	20.5
粗灰分	4.6
可溶性無窒素物	22.5
脂肪酸組成	
16:0	7.6
18:0	2.1
18:1	11.6
18:2n-6	16.7
<u>18:3n-3</u>	<u>61.1</u>
20:0	0.2
20:1	0.1
20:2n-6	0.1
未同定	0.5

エゴマ絞粕



- 通常、エゴマには24g/100gのα-リノレン酸が含まれる。
- 絞粕のα-リノレン酸量：
 $23.8 \times 61.1 = 14.5\text{g}$
であり、半分のα-リノレン酸が残っている。

結果

1. 発育、枝肉成績

	開始 日 齡	開始時 体 重	出荷 日 齡	出荷 体 重	増体重	枝肉 重量	歩留	等級	背脂肪
	日	kg	日	kg	g/日	kg	%		cm
試験区	138.7	77.3	180.3	123.3	1.1	78.8	63.9	2.0	2.4
	6.4	8.6	5.7	4.0	0.1	3.5	1.2	1.3	0.5
対照区	140.5	76.0	184.8	121.0	1.1	77.3	63.9	1.3	2.4
	1.2	5.8	8.6	3.9	0.1	2.5	1.5	1.0	0.4

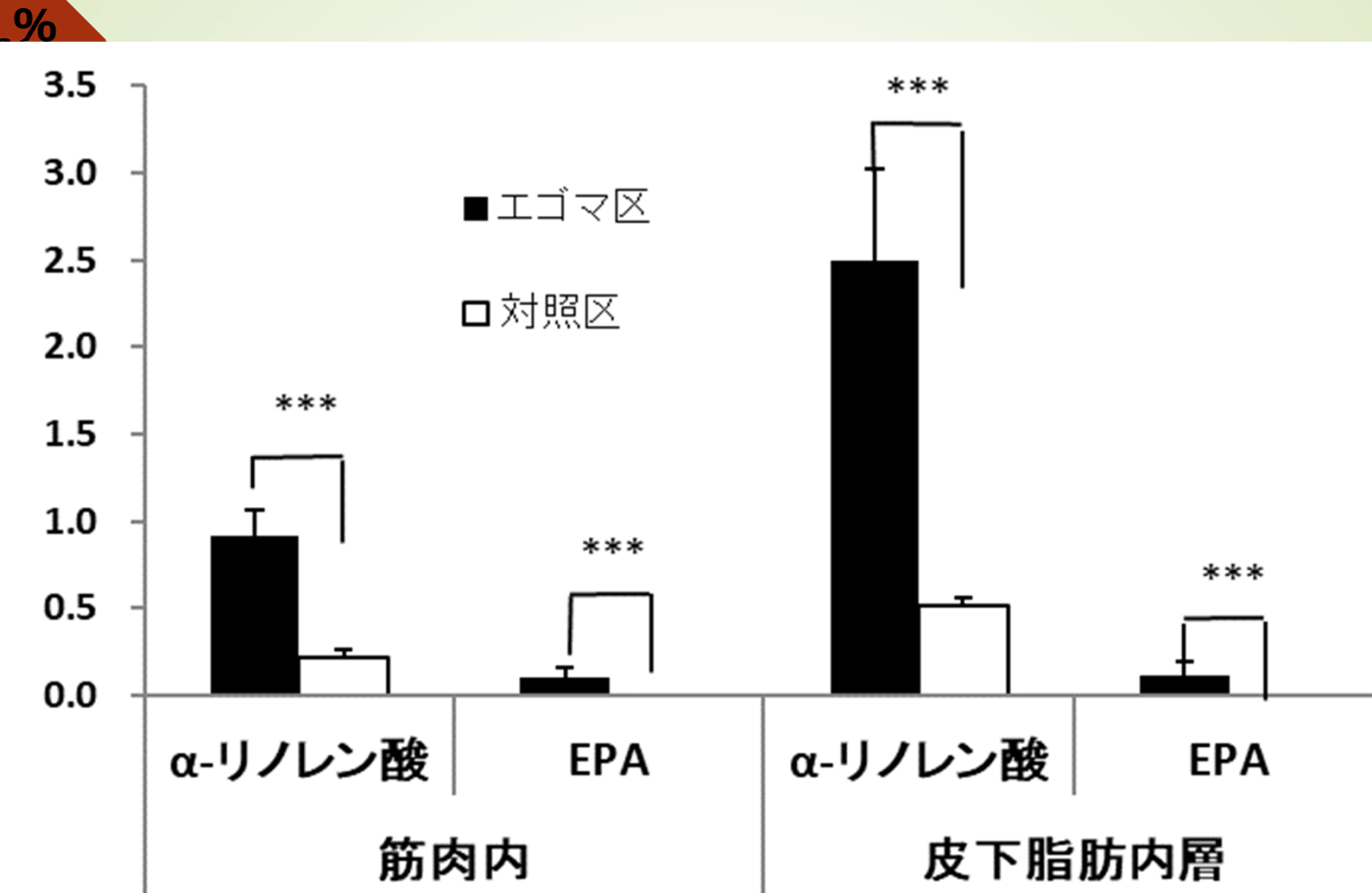
2. 肉質：保水性 (%)

	トリップロス24	トリップロス48	加熱損失率
試験区	2.83	4.80	25.23
	0.90	0.93	2.65
対照区	2.56	4.03	23.41
	1.40	1.67	3.07

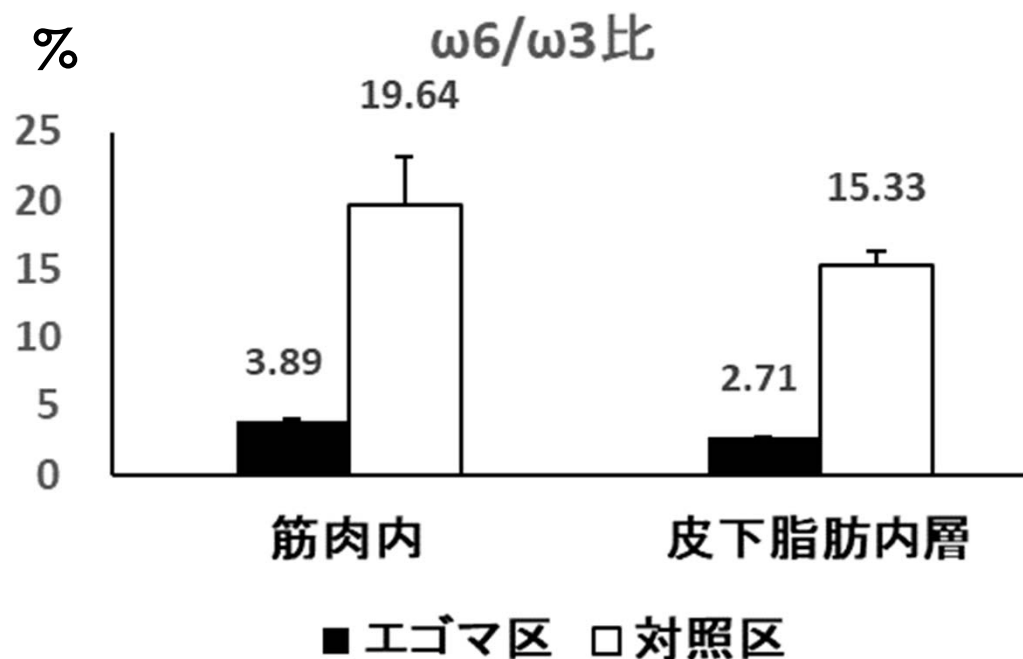
3. 肉質：テクスチャー

	Tenderness [gw/cm ²]	Pliability	Toughness [gw・cm/cm ²]	Brittleness
試験区	59947	1.579	15381	1.533
	18501	0.068	5624	0.218
対照区	63322	1.594	16795	1.491
	8396	0.123	2101	0.107

エゴマ給与の脂肪酸組成への効果



α-リノレン酸はエゴマ区が筋肉内脂肪では対照区の4.2倍、皮下脂肪では4.8倍増加し、EPAも産生



消費者型官能試験結果

		エゴマ区	対照区	有意性
焼き肉	Q1柔らかさ	3.69	3.74	ns
	Q2多汁性	3.62	3.71	ns
	Q3うまみ強さ	3.81	3.57	ns
	Q4風味	3.81	3.43	*
	Q5総合評価	3.95	3.88	ns
しゃぶしゃぶ	Q6柔らかさ	3.93	3.67	ns
	Q7多汁性	3.81	3.79	ns
	Q8うまみ強さ	3.76	3.50	ns
	Q9風味	3.81	3.33	**
	Q10総合評価	4.07	3.88	ns

α-リノレン酸はn-3系脂肪酸と言い、DHA、EPAと同じ仲間。n-3系脂肪酸は、生活習慣病の予防に効果があるとされている。一方、リノール酸などはn-6系脂肪酸に区分され、生活習慣病の誘因因子とされる。n-6系脂肪酸とn-3系脂肪酸の比（ω6/ω3）は4が理想といわれている。エゴマ絞り粕の添加給与により理想値に近づいている。

肺病変の程度が肉質に及ぼす影響

(Dailidavicieneら2008)

Parameter		I group (n=7)	II group(n=7)	III group(n=7)
乾物割合	%	28.79 ± 0.88	30.6 ± 1.37	29.89 ± 0.63
pH		5.42 ± 0.02 ^b	5.50 ± 0.02 ^a	5.51 ± 0.03 ^a
L*		55.88 ± 0.95	55.5 ± 1.42	54.83 ± 0.93
a		15.12 ± 0.58	14.92 ± 0.6	15.34 ± 0.35
b*		7.92 ± 0.64 ^a	6.36 ± 0.42 ^b	6.99 ± 0.54 ^{ab}
ドリップロス	%	6.66 ± 0.77	5.53 ± 0.58	5.12 ± 0.97
保水性	%	55.45 ± 0.77	54.35 ± 1.46	53.55 ± 1.12
クッキングロス	%	27.89 ± 0.79	24.79 ± 2.21	28.93 ± 0.81
テンダーネス	kg/cm ²	0.88 ± 0.05 ^b	1.18 ± 0.19 ^{ab}	1.46 ± 0.12 ^a
蛋白質	%	22.38 ± 0.47	22.51 ± 0.37	21.88 ± 0.22
筋肉内脂肪	%	2.55 ± 0.16	2.78 ± 0.31	2.57 ± 0.2
灰分	%	1.15 ± 0.01	1.13 ± 0.01	1.16 ± 0.01

2007年1月～4月、リトアニアの1,905頭の肥育豚の屠殺後の肺の病変データを3つのグループ（肺病変のないⅠグループ、胸膜炎を伴う中程度の肺炎病変を持つⅡグループ（11～30%の感染）、胸膜炎を伴う30%以上の高い程度の肺炎のⅢグループ）から7頭ずつサンプルを取り分析。

肺病変スコア別血液パラメータの比較

(Cobanovicら2016)

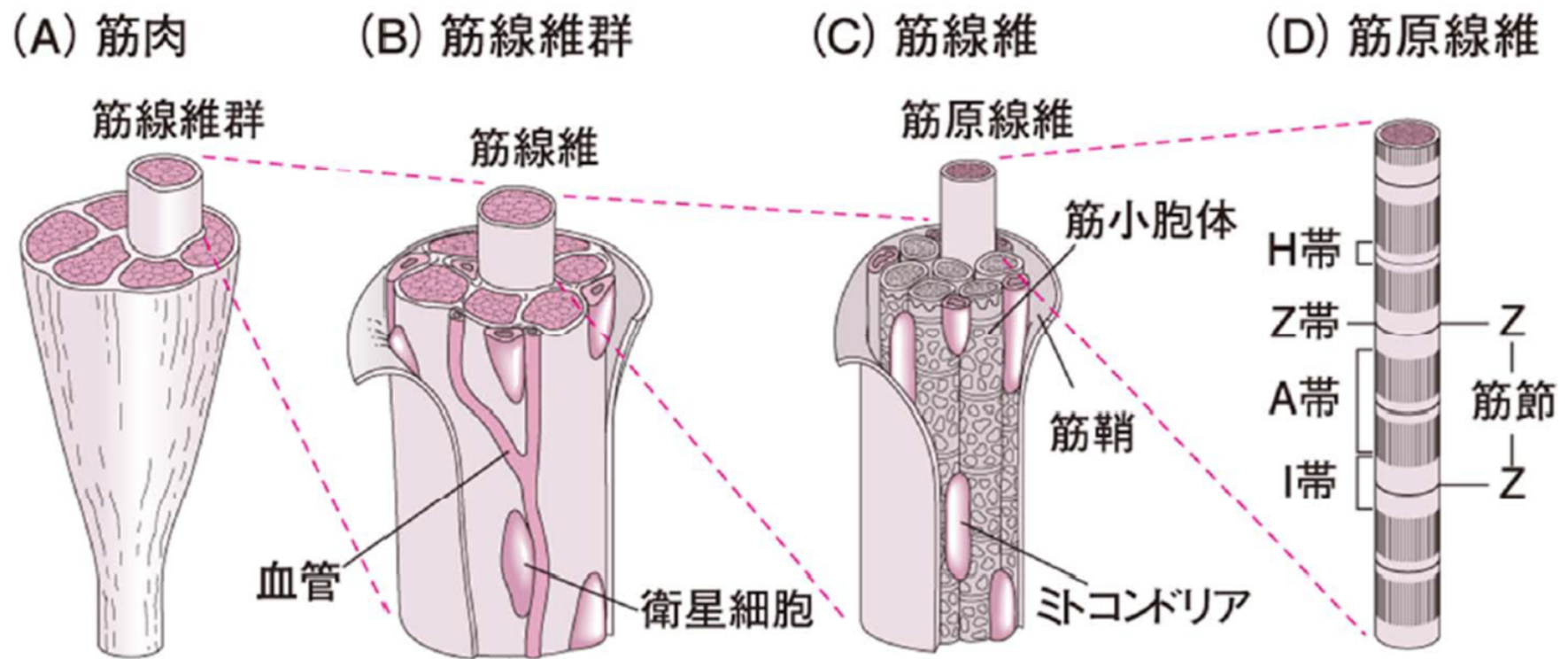
		肺病変2			肺病変0			有意
頭数		45			75			
赤血球	10 ⁹ /L	7.0	±	0.2	7.8	±	0.1	*
ヘモグロビン	g/L	131.5	±	2.4	142.9	±	2.0	*
ヘマトクリット	%	38.7	±	0.5	40.7	±	0.5	*
白血球数	10 ⁹ /L	26.0	±	0.8	18.5	±	0.5	*
リンパ球数	10 ⁹ /L	17.7	±	0.6	11.8	±	0.4	*
Middle-size cells	10 ⁹ /L	0.2	±	0.0	0.2	±	0.0	ns
好中球	10 ⁹ /L	8.1	±	0.7	6.4	±	0.4	*
リンパ球数	%	69.2	±	1.8	64.4	±	1.8	ns
Middle-size cells	%	0.7	±	0.0	1.2	±	0.2	ns
好中球	%	30.2	±	1.8	33.5	±	1.6	ns
Platelet count	10 ⁹ /L	235.5	±	19	252.1	±	13	ns

疾病に罹患した豚では免疫に関わる白血球、リンパ球、好中球数が増加すると同時に、関連するサイトカインなども活発に活動することになり、これに伴ってエネルギーが消費されるので筋肉に蓄積されるグリコーゲンなども減少することが予想され、肉質にも影響することが考えられる。

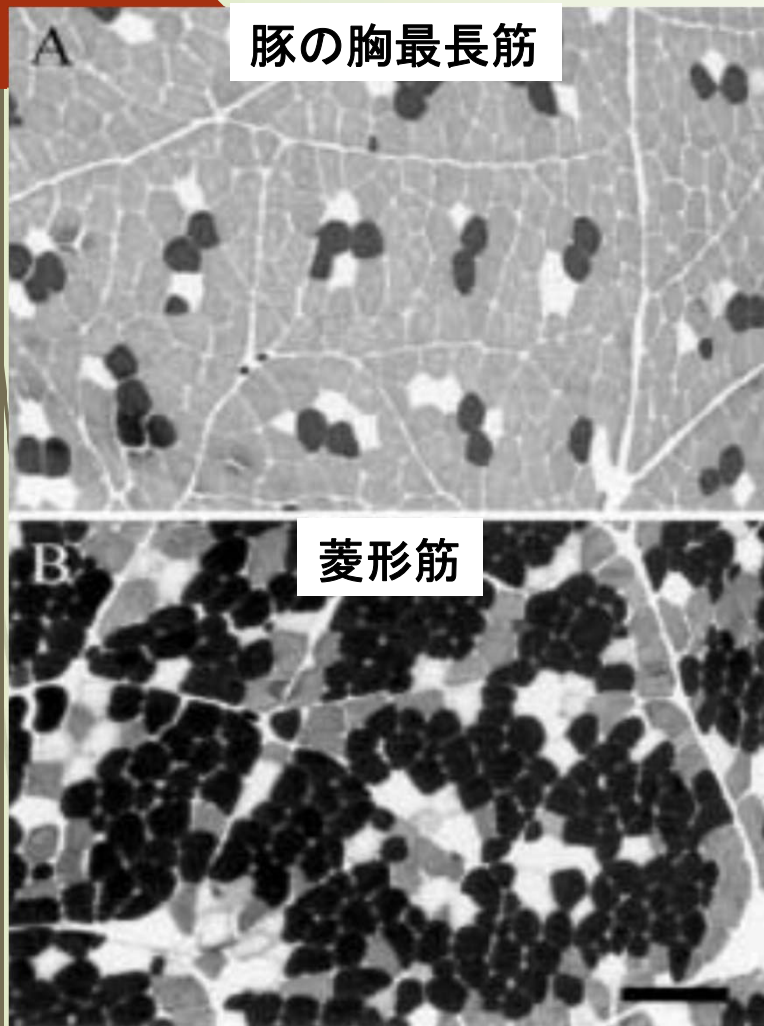
6. 肉質改良と差別化のための留意点

- 豚の筋肉は、生きている間は、体の姿勢を保ち、運動などのために働くが、死後は食肉となる。
- 筋肉は筋肉線維により構成されており、速筋タイプと遅筋タイプの筋肉線維型が混雑している。
- 体の部位に違いにより、また、遺伝的改良および飼養管理により筋肉線維型の割合が変化する。
- 肉質は、筋線維型割合の影響を受ける。
- 肉質を理解する上で、筋肉線維の機能を知っておくことは重要。

筋原線維の構造



筋線維は赤色筋と白色筋、その中間型に分類される



筋線維タイプ両方とも黒はⅠ型線維、白はⅡA線維、灰色はⅡB型線維を示す (Louis Lefaucheurら2002年)

- 筋線維は、収縮特性、代謝特性、形態特性の違いから遅筋タイプ(Ⅰ型、赤色)と速筋タイプ(Ⅱ型、白色)に、速筋タイプはさらにⅡA型、ⅡX型、ⅡB型に分類される。
- このようなタイプは細胞レベル(筋線維1本1本)で異なっており、多数の筋線維から構成される筋組織では、異なるタイプの筋線維がモザイク状に入り交じって配置されている。
- 遅筋：ミオグロビンタンパク質が多く含まれ赤い色をしており、赤筋とも呼ばれる。酸素を必要とする好気性代謝が行われエネルギーを多く作り出すことができる。
- 速筋：ミオグロビン含量が少ないため白筋とも呼ばれ、解糖によりエネルギーを迅速に生成する解糖酵素の活性が高く、収縮スピードが速く、瞬時に大きな力を発揮することができるが、収縮を保ちににくく疲れやすい。

筋線維型がどのように肉質に影響するのか

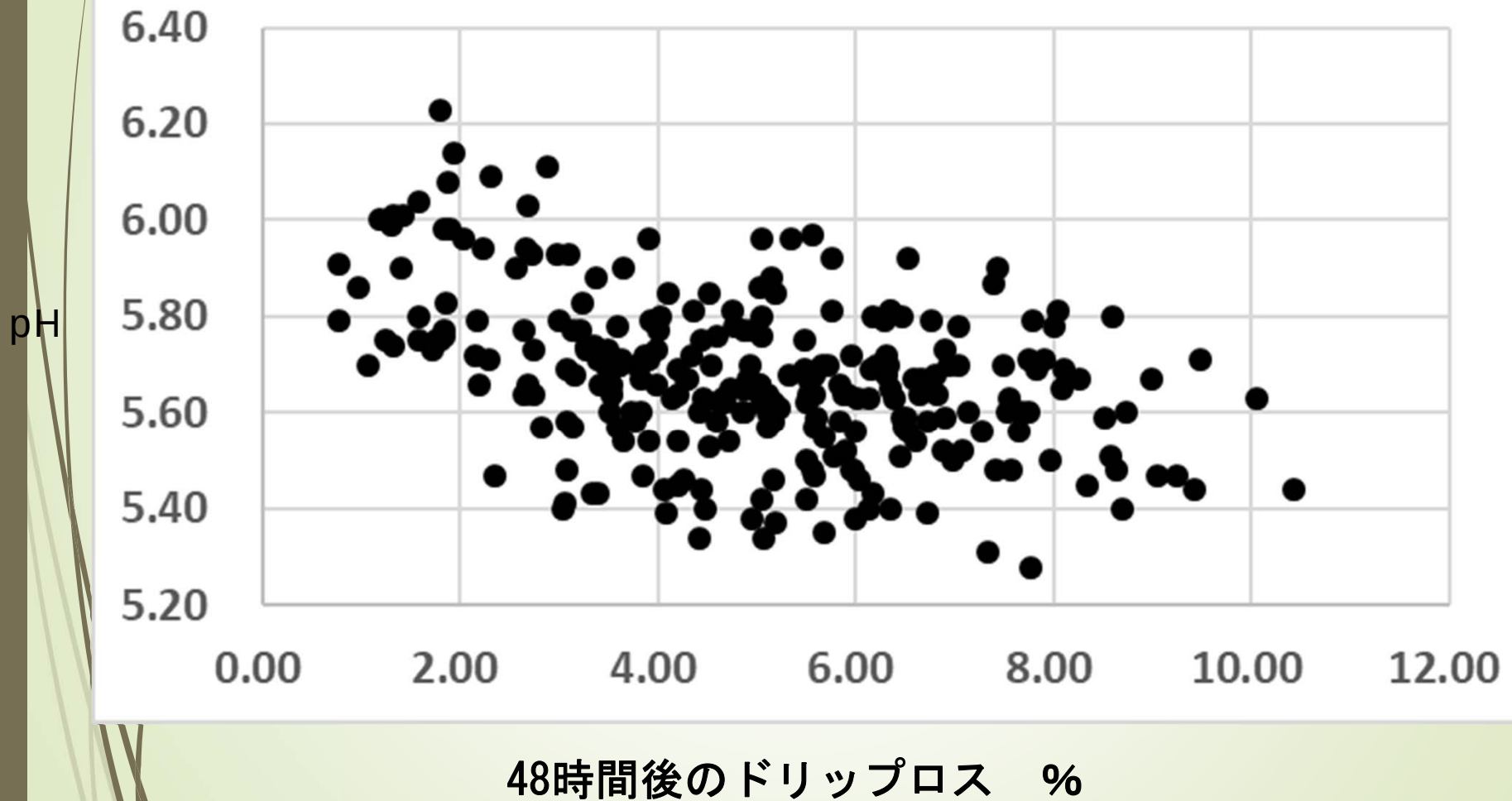
- 速筋である白色筋：糖分解およびタンパク質分解プロセスが速く、筋肉の軟化がより速い。



グリコーゲンが多いので、pHの低下が大きく、ドリップロスが多い肉が柔らかくなりやすい

- 遅筋である赤色筋：10%前後と割合は少ないが、筋肉脂肪を蓄積しやすい

保水性とpHとの関係



pHが低下するに従い、ドリップロスが多くなり保水性が低下する。

比較的效果の大きい遺伝子の機能

1. ストレス症候群：RYR1遺伝子によりムレ肉になりやすい
2. 酸性肉：PRKAG3遺伝子により加熱損失率が高まる
3. 柔らかさ：カルパスタチン、カルパイン

カルパスタチン(CAST)、カルパイン(CAPN) 遺伝子型の
加熱損失率に及ぼす効果

	CAST遺伝子型		
	aa	ag	gg
n	27	88	78
平均値	25.01 ^a	26.6 ^b	27.23 ^b
標準偏差	2.43	3.20	3.08

	CAPN遺伝子型		
	cc	tc	tt
n	64	80	49
平均値	27.31 ^a	26.00 ^b	26.78 ^b
標準偏差	3.46	2.79	3.04

単位:%、a、b異なる符号間に5%水準で有意差あり

カルパイン (CAPN) 遺伝子型のTenderness、 Toughnessに及ぼす効果

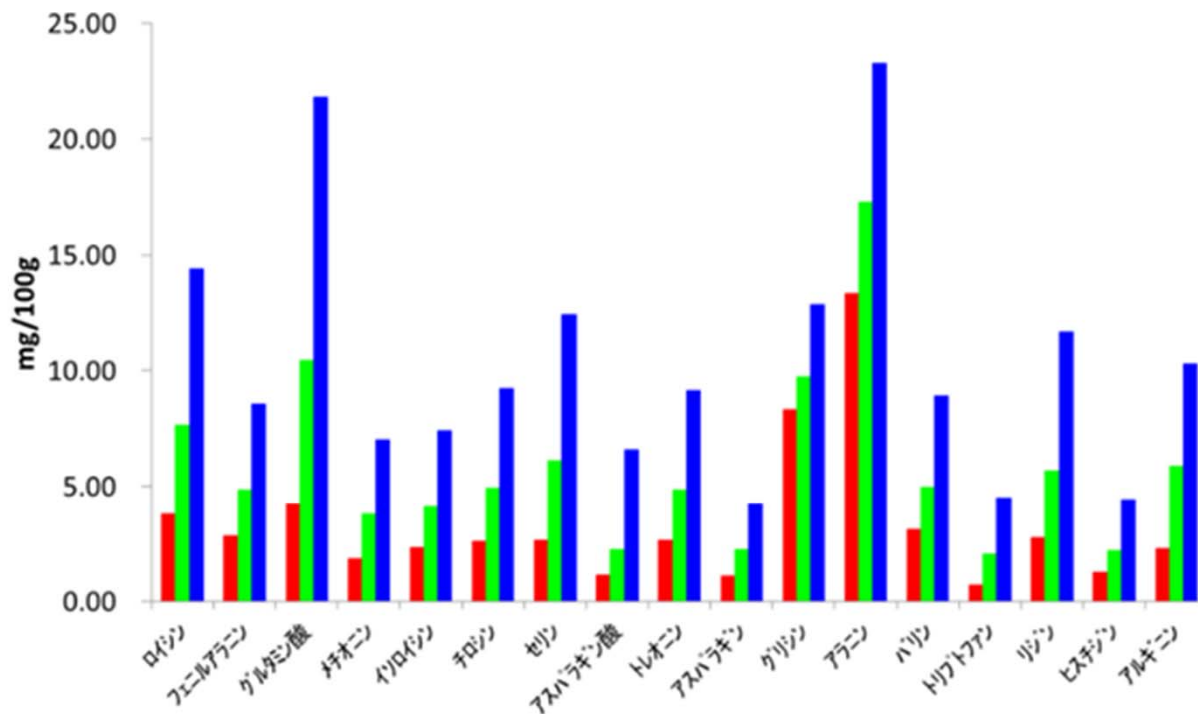
	CAPN遺伝子型		
	cc	tc	tt
N	62	79	48
Tend	60.13^a 17.78	56.51^{ab} 13.80	51.81^b 10.87
Plia	1.48 0.08	1.48 0.08	1.46 0.08
Tohgh	16.43^a 7.13	15.08^{ab} 5.35	13.61^b 4.67
Brittle	1.63 0.18	1.63 0.16	1.67 0.11

a、b異なる符号間に5%水準で有意差あり

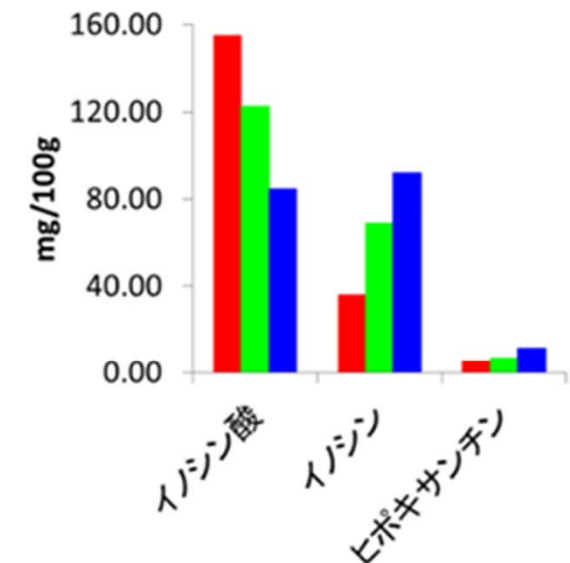
味の変化について

各アミノ酸は熟成に伴い有意に増加、増加する傾向の見られる成分が多い一方、イノシン酸は減少し、イノシン、ヒポキサンチンは増加する。

遊離アミノ酸



ATP関連物質

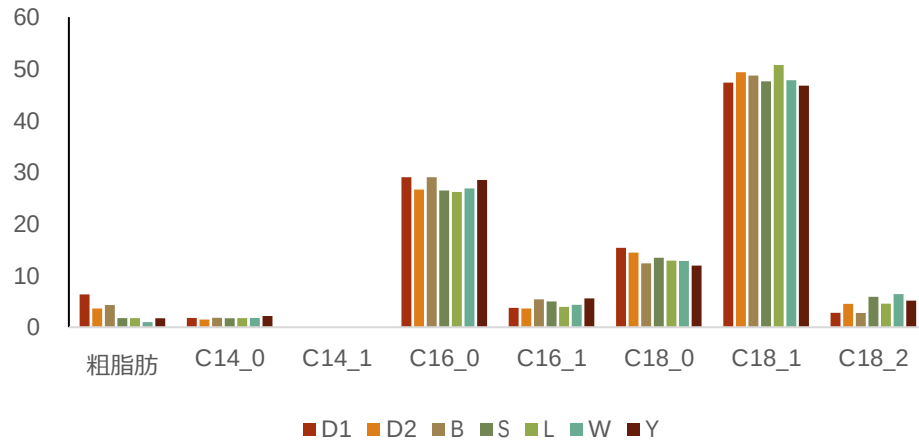


■ 熟成1日 ■ 熟成6日 ■ 熟成13日

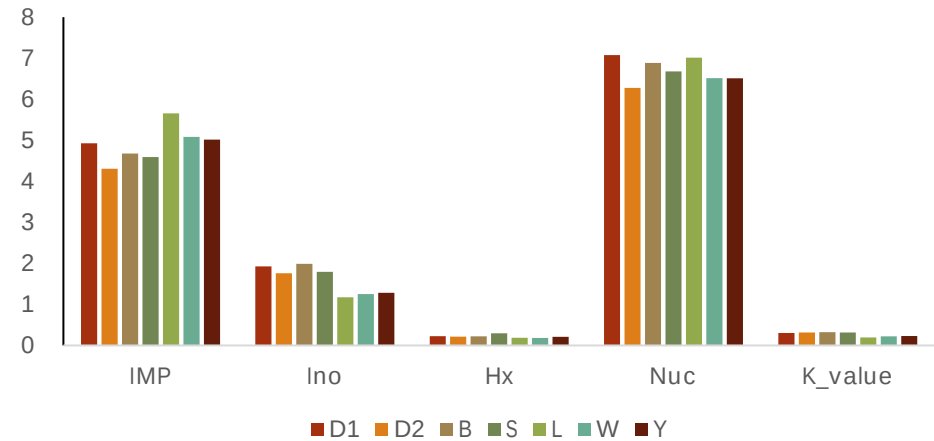
熟成期間のアミノ酸、ATP関連物質の変化（田村ら、2016）

純粋種ロース肉の化学成分の比較

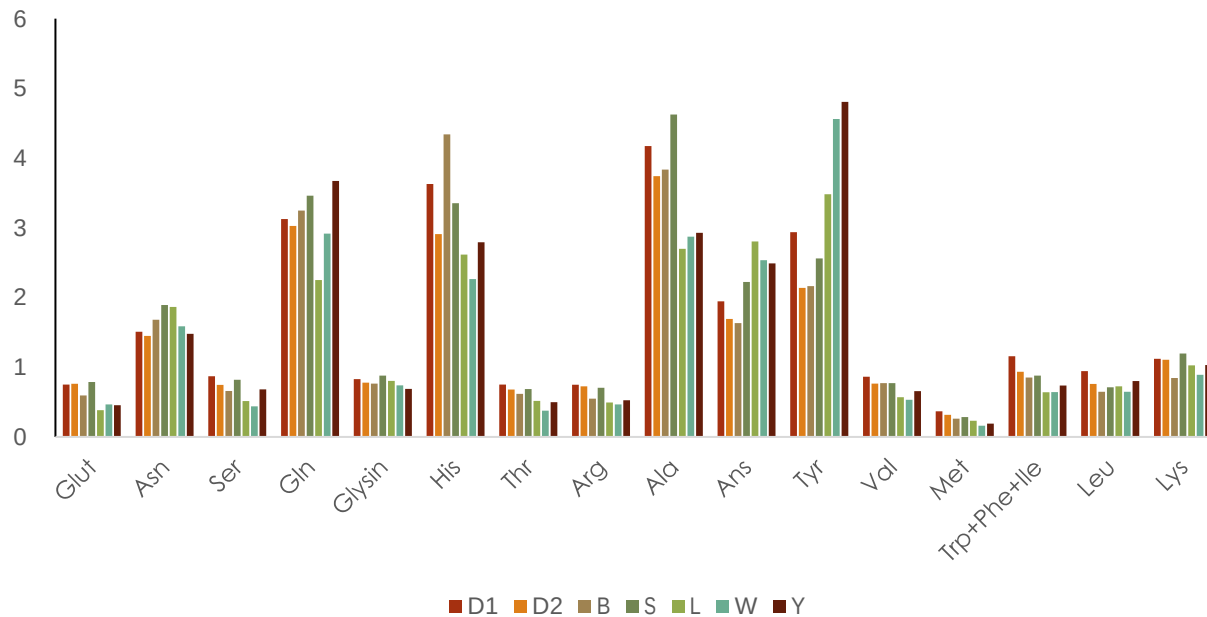
脂肪、脂肪酸割合の品種間比較



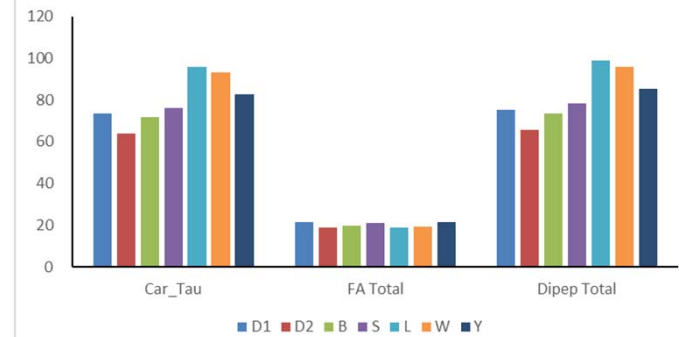
核酸関連物質の品種間比較



アミノ酸組成の品種比較



アミノ酸総量、ジペプチド総量に品種間比較



品種により異なる各アミノ酸量が美味しさに関与？

全体のまとめ

- おいしい豚肉質とは、テクスチャー（柔らかさ、多汁性等）、味、香りに優れる特徴を持つ肉.
- 筋線維型は、pH、保水性、肉色に影響する可能性あり.
- 柔らかさは、カルパインなどタンパク分解酵素が関与.
- 味は、牛ではアミノ酸、核酸関連物質が関与？
—どの程度成分が関与しているか確認する必要あり
- 脂肪酸組成がどの程度おいしさに関与するか（香り？）.
- 筋肉内脂肪は多すぎる(10%以上)とくどくなること、核酸関連物質を減少させる可能性があるので注意.
- 遺伝的に肉質を改良した系統、特徴を持つ品種など遺伝の効果は大きいですが、飼養環境の効果も大きいので遺伝的能力を発揮できる飼養管理が重要.

これからの国産豚肉は

1. 肉の柔らかさ（テクスチャー）

2. 多汁性（クッキングロス）

3. 適度な脂肪（筋肉内脂肪）

4. 味のある肉質
（アミノ酸、イノシン酸、脂肪）

5. 豚臭さの少ない肉

官能試験

機器による
測定

官能試験による評価と同時に、客観的な測定値で
評価される科学的な肉質評価が重要



ご清聴ありがとうございました。

