

近赤外線簡易測定装置を用いた和牛肉の一般成分、グルタミン酸、イノシン酸、ペプチド、リン脂質の推定方法

林大貴・西浩二*1・徳丸元幸・鬼塚剛*2

要 約

鹿児島県産肥育牛224頭の胸最長筋切開部の近赤外スペクトルデータと理化学分析値から、食肉脂質測定装置による「おいしさ」関連成分の検量線を作成した。検量線による予測値と理化学分析値を比較した結果、蛋白質含量、粗脂肪含量、水分含量、グルタミン酸濃度、リン脂質濃度及びペプチド濃度は相関係数が0.7以上の正の相関を示した。これらのことから、6成分については、食肉脂質測定装置（S-7040；相馬工学，東京，日本）による簡易測定が十分に可能であると考えられた。食肉処理場にて、107頭の胸最長筋を簡易測定した結果、BMSナンバーが高くなるにつれて、粗脂肪含量は増加し、逆に蛋白質含量、水分含量、ペプチド濃度は低下する傾向がみられた。

キーワード：おいしさ，鹿児島県産肥育牛，簡易測定，近赤外スペクトルデータ，食肉脂質測定装置

緒 言

黒毛和種肉用牛の改良は枝肉重量や脂肪交雑といった形質を中心に進められてきた。一方で、流通や消費者段階においては、「おいしさ」に着目した牛肉へのニーズが高まっており、新たな観点としての改良が求められている。牛肉の「おいしさ」に関与する3要因は、やわらかさと多汁性及び風味とされている¹⁾。中でも風味の一要因である脂肪中の一価不飽和脂肪酸（Mono Unsaturated Fatty Acid; MUFA）は、坂下らにより、ウシ脂肪から近赤外分析法によってMUFA割合の推定が可能であることが報告されている²⁾。現在では、近赤外線簡易測定装置である食肉脂質測定装置（S-7040；相馬工学，東京，日本）を用いて、牛枝肉から測定し、種雄牛の能力（育種価）評価に利用されつつある³⁾。しかし、やわらかさに影響する粗脂肪含量や、多汁性に影響する保水性、さらに風味に影響するペプチド濃度⁴⁾及びリン脂質²⁾そして「おいしさ」関連成分のうま味成分であるグルタミン酸やイノシン酸の測定については、サンプリングした肉の理化学検査が中心であり、現在簡易測定法は確立されていない。

そこで本研究は、鹿児島県産肥育牛の「おいしさ」に係る成分について、筋肉の近赤外スペクトルデータと、そのサンプリングした筋肉の理化学分析値を基に検量線を作成し、近赤外線簡易測定装置を用いた簡易測定

の可能性を検証するとともに、BMSナンバーの異なる枝肉での簡易測定を試みたので、その概要を報告する。

材料および方法

1 胸最長筋の近赤外スペクトルデータと関連のある理化学検査データによる検量線作成

(1) 検量線作成データ収集

2018年度から2022年度まで鹿児島県内の食肉処理場に出荷された黒毛和種肥育牛224頭分について、第6胸椎と第7胸椎間にある胸最長筋を厚さ2.5cmスライスし、サンプリングした。スライス肉にS-7040のプロブを5秒間押しつけ、700～1,050nmまでの1nm毎350nm分の波長について、吸光度を3回測定し、その平均値を近赤外線スペクトルデータとした。次に理化学検査については、「おいしさ」関連成分として、胸最長筋の一般成分（蛋白質、粗脂肪、水分）、うま味成分であるグルタミン酸、ペプチド濃度とリン脂質濃度の測定を一般社団法人家畜改良事業団家畜改良技術研究所、そしてイノシン酸をビューロベリタスエフイーエーシー株式会社

(2) 検量線作成

検量線の作成では、88頭数分の近赤外スペクトルデータと理化学検査値を基に、検量線作成を富士平工業株式会社に依頼した。作成方法は、一般成分、グルタミン酸、イノシン酸、ペプチド濃度そしてリン脂質濃度について、理化学検査値とS-7040の測定で最も相関

(連絡先) 肉用牛改良研究所育種改良研究室

*1 株式会社 カミチクファーム

*2 公益社団法人 鹿児島県家畜産物衛生指導協会

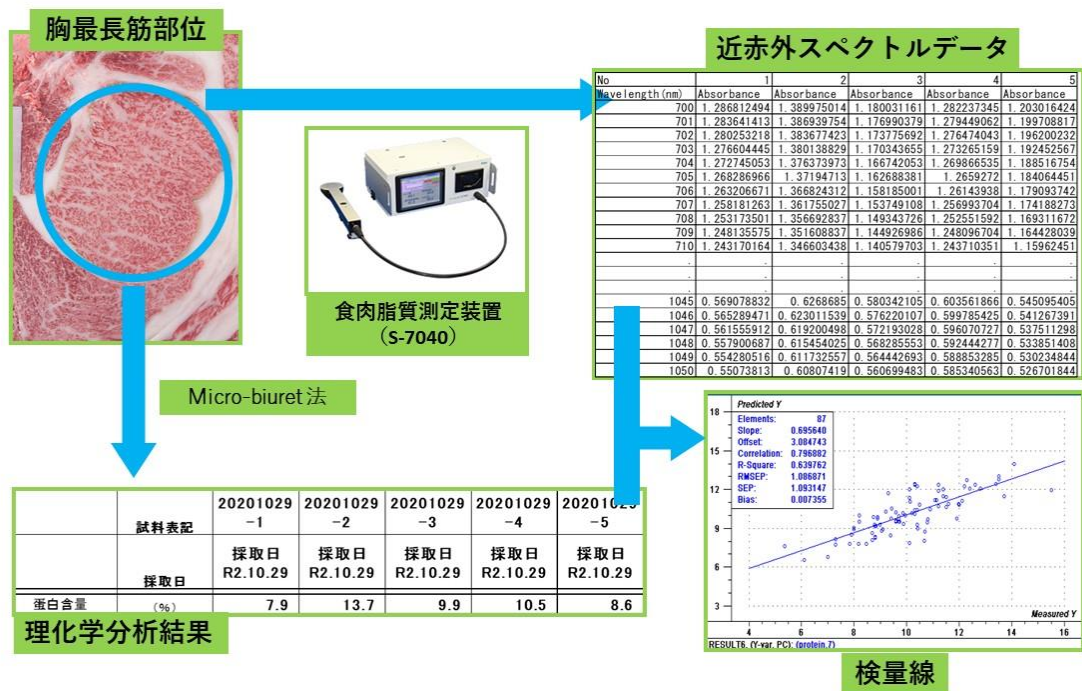


図1 研究の概要 (例：蛋白質)

の高かった吸光度の式を導き出し、相関値、標準誤差及び因子数について求め選定した。その式をS-7040に入力することにより、各項目の簡易測定が可能な状態にした (図1)。

(3) S-7040によるおいしさ関連成分予測値の精度検証

5年間に収集した224頭分のスライス肉をS-7040で簡易測定し、その予測値と理化学検査値との相関を確認した。

2 S-7040による「おいしさ」関連成分の予測値とBMSナンバーとの関連性

牛肉の美味しさのベースであるBMSナンバーと「おいしさ」関連成分との関係を見るため、2021年度から2022年度まで鹿児島県内の食肉処理場に出荷された黒毛和種107頭について、S-7040を用いて、食肉処理場内で第6胸椎と第7胸椎間の胸最長筋を簡易測定し、各項目の値とBMSナンバーとの関係を調査した。またBMSナンバー間に有意差があるかどうか、チューキーの範囲検定を用いて算出した。

結 果

1 胸最長筋の近赤外スペクトルデータと相関のある理化学検査データによる検量線作成

一般成分である蛋白含量と粗脂肪含量、水分含量の

予測値と理化学検査値との相関係数については、それぞれ $r=0.815$ 、 $r=0.922$ 、 $r=0.800$ となり、いずれも0.8以上の高い相関がみられた (図2, 図3, 図4)。うま味成分であるグルタミン酸とイノシン酸の相関係数は、それぞれ $r=0.803$ 、 $r=0.520$ となり、ペプチド濃度とリン脂質濃度は、それぞれ $r=0.747$ 、 $r=0.801$ となった。核酸系のうま味成分であるイノシン酸で0.5の中程度の相関となった以外は、一般成分同様、予測値と理化学検査値に0.7以上の高い相関が認められた (図5, 図6, 図7, 図8)。

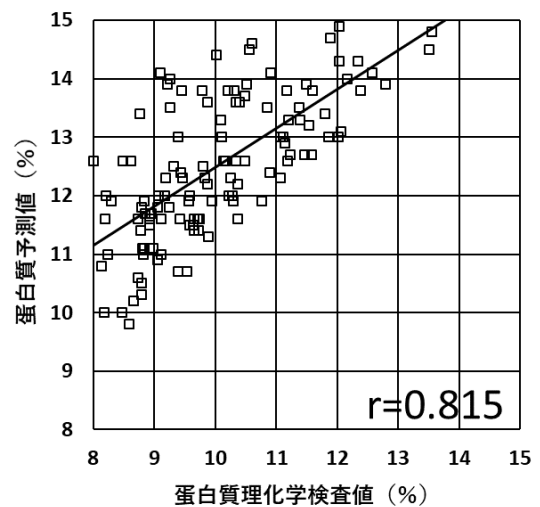


図2 蛋白質理化学検査値とS-7040による推定値の関係

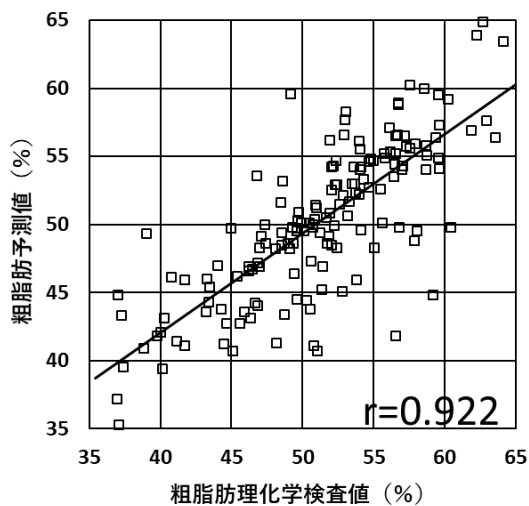


図3 粗脂肪理化学検査値とS-7040による推定値の関係

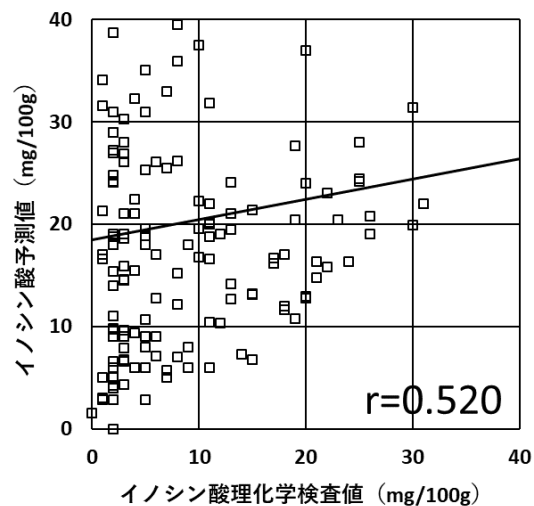


図6 イノシン酸理化学検査値とS-7040による推定値の関係

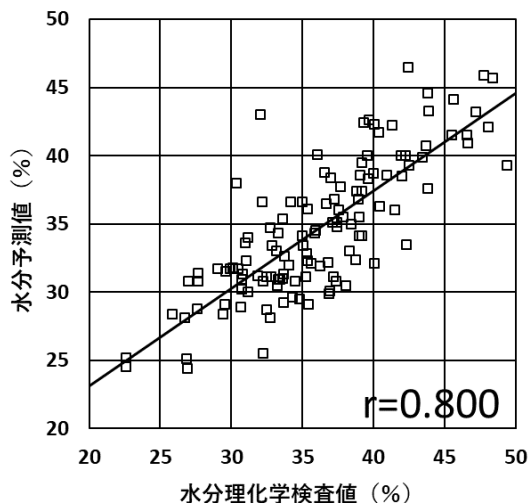


図4 水分理化学検査値とS-7040による推定値の関係

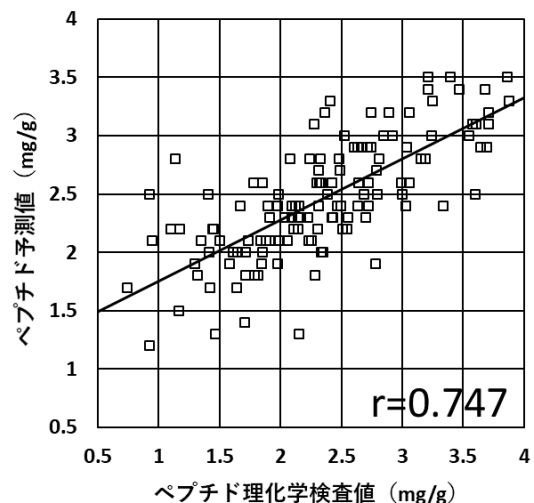


図7 ペプチド理化学検査値とS-7040による推定値の関係

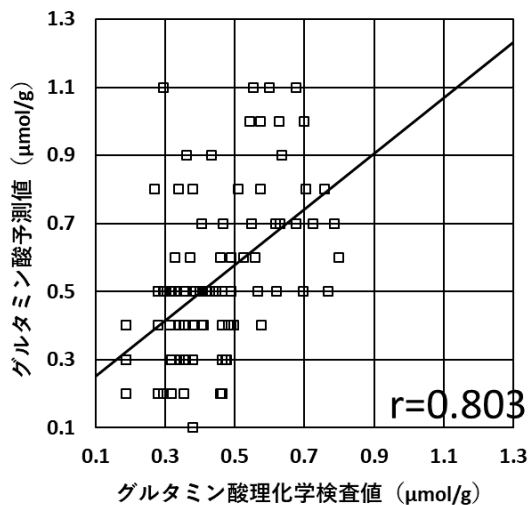


図5 グルタミン酸理化学検査値とS-7040による推定値の関係

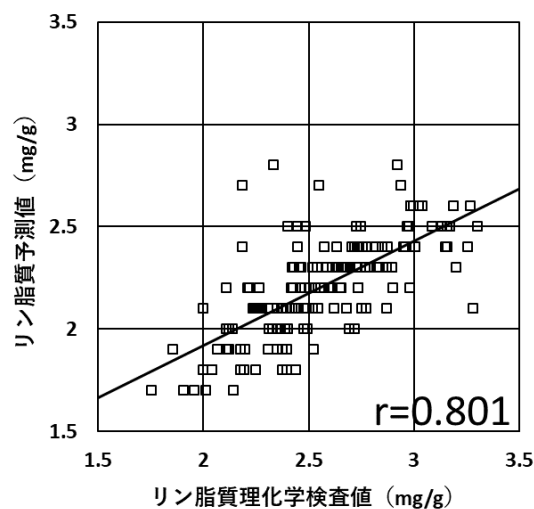


図8 リン脂質理化学検査値とS-7040による推定値の関係

2 S-7040による「おいしさ」関連成分の予測値とBMSナンバーとの関連性

「おいしさ」関連成分のうち、S-7040での予測値と実測値の相関値が0.7以上の高い相関を示した蛋白含量、粗脂肪含量、水分含量、グルタミン酸含量、ペプチド濃度、リン脂質濃度について、黒毛和種肉用牛107頭分の胸最長筋の簡易測定をS-7040で行い、BMSナンバーと測定値を比較した(表1)。その結果、蛋白含量、粗脂

肪含量、水分含量及びペプチド濃度は、BMSナンバー間に有意差がみられ($p<0.05$)、BMSナンバーが高くなるほど、粗脂肪含量が高くなる一方で、蛋白含量、水分含量、ペプチド濃度は逆に低下する傾向がみられた。また、リン脂質もBMSナンバーが高くなるほど濃度が低くなったが、有意差は認められなかった。グルタミン酸に関しては、BMSナンバーとの間に明確な傾向はみられなかった。

表1 BMSナンバーとS-7040の簡易測定値

BMS ナンバー	n	蛋白質 (%)		粗脂肪 (%)		水分 (%)		グルタミン酸 ($\mu\text{mol/g}$)		ペプチド濃度 (mg/g)		リン脂質 (mg/g)	
5	4	13.77	± 1.30 a	36.15	± 2.80 e	46.89	± 1.15 a	0.50	± 0.09	3.76	± 0.56 a	3.42	± 0.17
6	3	11.98	± 1.33 ab	42.08	± 4.26 de	42.67	± 3.73 ab	0.57	± 0.26	3.37	± 0.58 a	2.97	± 0.28
7	8	11.52	± 1.07 bc	45.09	± 3.75 cd	39.78	± 3.52 bc	0.51	± 0.17	3.29	± 0.93 a	2.86	± 0.31
8	11	10.14	± 1.41 cd	48.67	± 3.98 bc	36.67	± 3.78 cd	0.44	± 0.35	2.49	± 0.36 b	2.63	± 0.19
9	16	9.94	± 1.42 cde	50.23	± 4.64 ab	37.57	± 3.67 cd	0.76	± 0.44	2.37	± 0.54 bc	2.55	± 0.19
10	24	9.45	± 1.11 de	53.70	± 4.06 ab	33.59	± 3.33 de	0.59	± 0.42	2.12	± 0.58 bc	2.44	± 0.31
11	22	9.40	± 0.98 de	54.56	± 4.03 a	32.59	± 4.35 e	0.49	± 0.33	2.05	± 0.39 bc	2.41	± 0.31
12	19	8.36	± 1.30 e	56.95	± 4.81 a	31.34	± 4.34 e	0.56	± 0.36	1.80	± 0.57 c	2.25	± 0.30
全体	107	10.05	± 1.81	50.68	± 6.98	35.85	± 5.71	0.55	± 0.35	2.45	± 0.84	2.57	± 0.4

注) a, b, c, d, e: 異符号間に有意差 ($P<0.05$, TukeyHSD), 平均値 \pm 標準偏差

考 察

近年、牛肉の品質評価項目として、一価不飽和脂肪酸やオレイン酸が注目されており、枝肉で脂肪中の脂肪酸を簡易に測定できる機器として、食肉脂質測定装置が使用されてきている。当所においては、これまでもS-7040を用いて牛枝肉の脂肪中のMUFA及びオレイン酸を測定してきたが⁶⁾、本研究ではS-7040による筋肉内の「おいしさ」関連成分測定の可能性を検証した。その結果、S-7040は脂肪だけでなく、胸最長筋の「おいしさ」関連成分である蛋白含量、粗脂肪含量、水分含量、ペプチド濃度、グルタミン酸濃度及びリン脂質濃度を簡易に測定できることが確認された。一方で、うま味成分であるイノシン酸濃度では理化学検査値との相関係数が0.5と中程度であることが確認された。S-7040の波長の測定範囲は700~1,050nmで、スペクトルの情報を得ることができる。イノシン酸は水溶性の核酸物質で、筋肉中の水分に含まれており、近赤外での水の吸光度強度は赤外領域の1/1000程度であり、吸収強度は低下する³⁾。これにより波長が2,500~4,000nmと長くなり、S-7040の測定範囲外となること、また、イノシン酸は胸最長筋部位100g中のイノシン酸含量をmgで理化学分析しており、他成分と比べて微量であることから、これらにより現段階ではイノシン酸を評価に利用することは難しいと考えられた。

「おいしさ」関連成分とBMSナンバーとの関連性は、BMSナンバーが高いほど、胸最長筋中の脂肪交雑であ

るサシが多くなるため、必然的に粗脂肪含量などの脂肪割合は高くなり、他の蛋白含量、水分含量、ペプチド濃度の筋肉割合は低くなった。中でもうま味成分であるグルタミン酸については、BMSナンバーが高くて増えていないことから、美味しい牛肉に対し、BMSナンバーと関連するサシと筋肉組織のうま味成分が官能評価に及ぼす影響は、今後、さらに研究を進める必要性が示唆された。

これまで、牛枝肉の理化学検査を行う場合、サンプリングのため、物理的に枝肉の商品価値を損なうことが懸念され、さらに多数の検体を分析する場合、費用や時間が掛かるといった難しい面があった。

今回、S-7040による6項目の簡易測定の有効性が示されたことにより、食肉処理場で枝肉の商品価値を損なうことなく、多くの検体を短時間で測定することが可能となった。さらに、筋肉中の赤身の美味しさにアプローチしていく手段としての可能性が示唆された。

今後、理化学検査を行っていない糖質(グルコースやグリコーゲン)の簡易測定による有効性の確認や、食味性(おいしさ)形質について簡易測定による枝肉測定数の蓄積と分析を継続して行い、改良が進められている産肉形質(枝肉重量、脂肪交雑等)と併せることにより、さらに鹿児島黒牛のブランド化を向上させる種雄牛造成へ活用を検討していきたい。

謝 辞

本研究において、多大なご協力を頂いた公益社団法人全国和牛登録協会 鹿児島県支部、株式会社ナンチク、株式会社 J A 食肉かごしま鹿屋工場、鹿児島大学農学部 家畜育種学研究室、鹿児島県経済農業協同組合連合会及び各農業協同組合の各位に深謝いたします。

引用文献

- 1) 入江正和 2021. 和牛肉における脂肪質と食味性, 日本畜産学会誌 92(1) : 1-5
- 2) 小林正人・庄司則章 2011. 黒毛和種牛肉の脂肪の質, 東北畜産学会報 60(3):65-73
- 3) 近藤みゆき 2007. 近赤外分光法による食品の化学的

分析, 名古屋文理大学紀要 第7号:26

- 4) 西村俊秀 2003. 食品の呈味形成におけるペプチドの働き-呈味性ペプチドとペプチドの味覚調節作用-, 日本調理学会誌 Vol.3 No.1 :55-56
- 5) 坂下邦仁・川畑明治・小村洋美・轟木淳一 2009. 近赤外分光分析法による枝肉脂質の脂肪酸含量および脂肪融点の推定, 鹿児島農総セ研報 (畜産部門) 3 : 37-40
- 6) 吉村和敏・小山秀美・春日久志・徳丸元幸・上西慎茂・今村清人・坂元信一・溝下和則・下桐猛 2018. 鹿児島県黒毛和種における筋間脂肪中の脂肪酸組成に関する遺伝的パラメータの確定, 日本暖地畜産学会報 61(2) : 71-76

Wagyu Beef Using a Simple Near-infrared Measuring Device, General Components Glutamic Acid, Estimation of Inosinic Acids, Peptides, and Phospholipids

Daiki Hayashi, Kouji Nishi, Motoyuki Tokumaru and Takeshi Onistuka

Summary

Near-infrared spectra data and chemical analysis values were measured from 224 the longest thoracic muscle of beef carcasses in Kagoshima Kuroushi and their calibration curve of the components related to "the deliciousness" were prepared using a meat lipid analyzer. Comparison of the predicted values by the calibration curves and the chemical analysis showed that crude protein content, crude fat content, moisture content, glutamic acid and phospholipid concentration, and peptide concentration had a high positive correlation of 0.7 or more. In these results, it is considered that a simple measurement of 6 components is sufficiently feasible. A simple measurement in 107 the longest thoracic muscle of beef carcass at this regional slaughterhouse showed that crude fat content were raised as increase of a beef marbling standard score, while crude protein content, moisture content and peptide concentration were tended to decrease.

Keywords : deliciousness, Kagoshima Kuroushi, meat lipid analyzer, Near-infrared spectra date, simple measuring