



Characterization of Fatty Acid Profiles of Beef Fat by F T I R Spectroscopy and Its Application to the Quality Evaluation

胡, 晓萃

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2010-09-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲5056

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1005056>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏 名	胡 曉萃
博士の専攻分野の名称	博士（学術）
学 位 記 番 号	博い第 5056 号
学位授与の 要 件	学位規則第 5 条第 1 項該当
学位授与の 日 付	2010 年 9 月 25 日

【 学位論文題目 】

Characterization of Fatty Acid Profiles of Beef Fat by F T I R Spectroscopy and
Its Application to the Quality Evaluation (F T I R スペクトロスコピーによる牛肉脂肪
の脂肪酸組成の特徴付けと肉質評価への応用)

審 査 委 員

主 査	教 授	豊田 淨彦
	教 授	川村 恒夫
	教 授	ツェンコヴァ ルミアナ

博士論文内容の要旨

氏 名 _____ 胡 曉萃 _____

専攻・講座 _____ 食料共生システム学・生産環境工学 _____

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

Characterization of Fatty Acid Profiles of Beef Fat by FTIR Spectroscopy and Its
Application to the Quality Evaluation

(FTIR スペクトロスコピーによる牛肉脂肪の脂肪酸組成の特徴付けと肉質評価への応用)

指導教員 _____ 豊田 浄彦 _____

(氏名: 胡 曉萃 NO. 1)

Characterization of Fatty Acid Profiles of Beef Fat by FTIR Spectroscopy and Its Application to the Quality Evaluation

Japanese Black Wagyu beef has been widely accepted by consumers in Japan even at a much higher price than imported foreign beef because of the high quality of its superior marbling and palatability. From the findings of previous investigations, it is known that the flavor and mouthfeel was affected by fatty acid composition of beef fat. Therefore, rapid characterization of fatty acid profile of beef fat is of great interest. On the other hand, in Japan, evaluation of beef quality is determined by visual inspection according to Japan carcass grading standards, and depended on the experience of skilled inspectors. Thus, the development of an objective evaluation method for beef quality traits according to the Japanese carcass grading standards is also necessary. In this study, subcutaneous, inter-, and intramuscular fats (muscle tissue) were sampled from twenty-two Japanese Black Wagyu carcasses as specimens. The ATR-FTIR spectra and fatty acid composition were detected. The fatty acid profile of Japanese Black Wagyu beef was investigated and compared with that of American, Australian, and Chinese cattle. The partial least squares (PLS) regression models of fatty acid composition for extracted beef fat and non-processed fat tissue were developed by the application of ATR-FTIR spectroscopy and the informative regions selected by genetic algorithm (GA), interval PLS (IPLS), and moving window PLS (MWPLS). Principal component analysis (PCA) and canonical correlation analysis were used to explore the correlation between beef quality traits according to Japan carcass grading standards and fatty acid profile. Moreover, the potential of the application of ATR-FTIR spectroscopy to predict beef quality traits including beef marbling score (BMS), beef color score (BCS), brightness, firmness, and texture, was investigated. The results of

gas chromatograph (GC) indicated that C18:1 and C16:0 accounted for over 70% of the total fatty acid in Japanese Black Wagyu beef fat. In addition, monounsaturated fatty acids (MUFA) content increased in the order of muscle tissue, intermuscular fat, and subcutaneous fat; saturated fatty acids (SFA) decreased in the same order. This tendency agreed with the results in the previous investigations which indicated that bovine tissues near the body surface would have higher content of MUFA than internal tissue. Moreover, compared with the subcutaneous fat from Japanese Wagyu cattle, muscle tissue on average had 4.6 percentage units more C18:0 and 3.0 percentage units less C16:1 resulting in a lower ratio of MUFA and SFA (1.78 compared with 1.26). The percentage contents of C18:2 were similar in all of subcutaneous, intermuscular fat, and muscle tissue. In this study, the fatty acid profile of another eight intermuscular fat samples from Chinese cattle was compared with that from Japanese Wagyu cattle. From the results, it was suggested that Japanese Wagyu cattle had less contents of SFA and C16:0, and higher ratio of MUFA to SFA than Chinese cattle. In addition, from the relationship between C16:1 and C18:0, it was suggested that Japanese Black Wagyu cattle graded better than "below average" could overall be distinguished from Chinese cattle. Moreover, fatty acid profile of Japanese Black Wagyu cattle was compared with the results from previous investigations about Australian and American cattle, it was indicated that the subcutaneous fat from Japanese Black wagyu cattle could provide higher content of C18:1 (48.89%), lower content of C18:0 (5.87%), and higher ratio of MUFA to SFA (1.78) than the reported values of subcutaneous fat from American and Australian cattle which were 47.3-39.0%, 26.1-7.6%, and 1.59-0.77, respectively. Finally, the PCA result of fatty acid composition allowed subcutaneous fat to be distinguished from muscle tissue, but intermuscular fat

was indistinguishable from subcutaneous fat and muscle tissue. And the contents of MUFA, SFA, and the total contents of fatty acids with equal to or less than eighteen carbon atoms were the significant factors in the PCA analysis.

In the investigation of the application of ATR-FTIR spectroscopy to predict fatty acid composition, the informative regions for six major fatty acids (C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, SFA, and MUFA) in extracted fat and non-processed fat tissue were selected by use of GA, IPLS, and MWPLS. Comparing with the results of PLS models of fatty acid composition for extracted and non-processed fat by using whole region ($600\text{--}4,000\text{ cm}^{-1}$), the PLS models based on GA, IPLS, and MWPLS had better prediction ability. Moreover, it was found that the PLS models by the use of optimum informative regions or the optimum combination of informative regions selected by GA could provide better predictability with greater correlation of determination (R^2) and lower root mean square error of cross-validation (RMSECV) than ones based on IPLS and MWPLS. Furthermore, it was indicated that the predictability of PLS models for extracted fat was significantly improved by GA, however, it was difficult to select informative regions for raw fat tissue and the predictability of PLS models based on GA could not effectively be improved. Finally, in order to confirm the robustness of the calibration models by use of GA, the PLS regression models of fatty acids with 70% of the total spectra as calibration dataset and 30% as validation dataset developed by the use of the optimized informative regions or the optimized combinations of the informative regions base on GA could provide R^2 of 0.931-0.984 and RMSEP of 0.792 and 1.205. For non-processed fat tissue, the PLS regression models based on GA showed lower predictability with R^2 of 0.589-0.707, and RMSEP of 1.327-3.573.

In the investigation of the application of ATR-FTIR spectroscopy to predict beef quality

(氏名： 胡 曉萃 NO. 4)

traits including BMS, BCS, brightness, firmness, and texture, firstly, PCA and canonical analysis were used to explore the correlation between fatty acid profile and beef quality traits. And then the PLS regression models for beef quality traits were developed. From the results of PCA and canonical correlation analysis, the correlation between beef quality traits and fatty acid composition were qualitatively and quantitatively confirmed. The first two pairs of canonical variables could almost represent total information about fatty acid profile and beef quality and the correlation coefficients (r) were 0.9075 and 0.6654, respectively. In the development of PLS models for beef quality traits, GA was used to select informative regions. For extracted beef fat, ATR-FTIR spectroscopy was able to effectively predict beef brightness with R^2 of 0.73 and ratio prediction deviation (RPD) of 1.99, which is one trait of beef quality according to the Japanese carcass grading standards. In addition, correlations obtained for all of the beef quality traits by non-processed fat tissue and other traits except brightness by extracted fat may be assumed as indicative of the lower level of estimation of beef quality criteria that may be expected when using ATR-FTIR in commercial practice.

氏名	胡 曉萃		
論文 題目	Characterization of Fatty Acid Profiles of Beef Fat by FTIR Spectroscopy and Its Application to the Quality Evaluation (FTIR スペクトロスコピーによる牛肉脂肪の脂肪酸組成の特徴付けと肉質評価への応用)		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	豊田 淨彦
	副 査	教 授	川村 恒夫
	副 査	教 授	Tsenkova Roumiana
	副 査		印
	副 査		印
要 旨			
<p>本研究は、目視で行われている国内枝肉取引規格による格付評価に対して、食味に影響を与える脂肪酸組成に着目し、簡便、非破壊測定に適した赤外分光法による牛肉品質評価法を明らかにすることを目的としている。</p> <p>日本の特産牛ともいえる黒毛和牛は、脂肪交雑の高さや美味しさに優る点から、国内の消費者に広く受け入れられ、その品質評価は、枝肉の外観品質を検査員の目視検査により格付として評価する方法に拠っており、流通過程における食味やテクスチャなどの内観的品質の評価はなされていない。牛肉脂肪の脂肪酸組成は牛肉のフレーバーや口溶け感に影響を受けることが明らかにされており、流通過程で利用可能な牛脂の脂肪酸プロファイルの迅速測定法が関心を集めている。</p> <p>本論文の第1章において、上記の研究の背景と研究の目的について述べられている</p> <p>第2章において、文献調査に基づき、牛肉脂肪の脂肪酸組成の特徴とその測定および解析方法を説明し、更に、FTIR 分光法の原理と測定手法を詳述し、本研究を実施する前提を明らかにしている。</p> <p>第3章において、黒毛和牛の屠体22検体から得た皮下脂肪、筋間脂肪、筋内脂肪について、ガスクロマトグラフィーにより脂肪酸組成を調べ、その結果から、黒毛和種の牛肉脂肪ではC18:1とC16:0の脂肪酸が全体の70%以上を占めることを明らかにし、一価不飽和脂肪酸(MUFA)の含量が筋内脂肪、筋間脂肪、皮下脂肪の順で増加し、一方、飽和脂肪酸(SFA)の含量は、逆の順に減少することを示した。この傾向は先行研究の結果と一致し、牛の体表面に近い肉組織ほど、内部の組織よりも一価不飽和脂肪酸をより多く含むことを示唆している。黒毛和牛の皮下脂肪と比較して、筋内脂肪は平均でC18:0が4.6%多く、C16:1が3%少ない。これにより、MUFAとSFAの比はより小さい値となった。C18:2の脂肪酸の含有率は各脂肪部位間で有意な差は認められなかった。黒毛和牛の脂肪酸組成を米国、オーストラリア、中国の産牛のそれと比較、考察し、フレーバーの向上に相関をもつオレイン酸について、黒毛和牛の含量が高いことを確認し、脂肪酸組成に由来する黒毛和牛の品質優位性を明らかにした。</p> <p>第4章において、ガスクロマトグラフィー分析に用いた脂肪試料の生脂肪と抽出脂肪について、ATR-FTIR法により、赤外スペクトルを求めた。抽出脂肪のスペクトルでは官能基領域(4000～1500cm^{-1})と指紋領域(600～1500cm^{-1})に明白なピークが認められ、官能基領域では生脂肪のピークと一致する例が多数見られた。しかし、指紋領域では両者間で共通のピークを検出することは容易でなかった。ガスクロマトグラフィー分析値を基準に主要な6種類の脂肪酸(C16:0、C16:1、C18:0、C18:1、SFAおよびMUFA)についてPLS回帰分析を行った。分析モデルの作成に際して、解析に用いる最適なスペクトルの領域設定についてGA、IPLS、MWPLSを検討した。その結果、決定係数とRMSECVの良好な値を示すGA法の優位性を抽出脂肪試料において明らかにした。しかし、生脂肪については、優劣の比較は困難であった。</p> <p>抽出脂肪については、GA法では決定係数は0.931～0.984、RMSEPは0.792～1.205となり、生脂肪については、決定係数は0.589～0.707、RMSEPは1.327～3.572であった。</p>			

氏名	胡 曉 華
<p>第5章において、主成分分析と正準相関分析を用いて、FTIR スペクトルより求めた脂肪酸プロファイルと供試牛の取引規格の等級との相関を調べた。更に、ATR-FTIR 分光法の応用として、BMS、BCS、硬さ、テクスチャなどを含む格付明細の形質の予測を検討した。脂肪酸組成と格付明細との相関を訂正および定量的に把握することが出来た。第1および第2正準変量により、格付明細の変動を説明でき、相関係数は0.9075と0.6654であった。ATR-FTIRは牛肉の明るさとの相関が高く、決定係数は0.73、RPDは1.99であった。</p> <p>以上のように、本研究では、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 国産黒毛和牛の特徴としての脂肪酸組成について、その筋肉部位による分布と傾向を明らかにし、肉質評価のための指標として、各部位の脂肪酸組成が利用できることを示唆した。 2. 脂肪酸組成において、フレーバー、口溶け感に影響するオレイン酸(C18:1)などの一価の不飽和脂肪酸の含有率を評価し、輸入牛肉との比較による品質優位性を明らかにした。 3. ATR-FTIRによる抽出脂肪、生脂肪の脂肪酸組成の推定法をスペクトル領域の選択とPLS法により明らかにした。抽出脂肪については、決定係数0.9以上の高い精度での予測が可能であったが、生脂肪についてはタンパク、炭水化物などの共存物質による外乱により、予測精度は低下した。 4. FTIRスペクトルによる現行の品質評価指標である格付明細の予測のために、両者の関係について正準相関解析を行い、明るさについて相関が認められた。 <p>国産黒毛和牛の牛肉品質を大きく左右する脂肪酸プロファイルを明らかにし、その簡便迅速、非破壊計測法としてのATR-FTIRの技術的可能性を調べ、それによる現行品質指標の推定を検討しており、基礎特性の解明から、測定法の開発、そして、現行指標の推定への応用という一貫した研究の流れをまとめており、学術的な価値と共に実用化基礎技術としての価値も高い。</p> <p>よって、学位申請者の胡 曉華は、博士(学術)の学位を得る資格があると認める。</p>	