

豚肉に含まれる脂肪の不飽和度の高速ラマンスクリーニング

概要

豚肉に含まれる脂肪の不飽和度は、豚肉の品質を測る重要な指標です。豚肉の脂肪はさまざまな脂肪酸の割合で構成されており、その割合は風味、品質、保存性に影響を及ぼします。不飽和脂肪酸が多いと肉が酸化しやすくなり、風味を損なう主な原因となります。加工中に不飽和度を迅速に測定することは、その肉が加工肉または生鮮食品に適しているかを素早く判別するためにも役立ちます。

現在、脂肪の不飽和度は時間のかかる化学的手法で測定されており、加工中の脂肪組織の迅速かつ非破壊的な定量化に対する関心が高まっています。ラマン分光法は、豚肉脂肪の迅速で非破壊的な分析のための有望なツールです。

本研究では、ラマン分光法を用いて豚肉脂肪組織中の平均不飽和度が定量化され、このアプリケーションにおけるラマン分光法の実現可能性が実証されました。不飽和度はヨウ素価 (IV) で表されます。単一のラマンスペクトルで、IV、多価不飽和脂肪酸 (PUFA)、一価不飽和脂肪酸 (MUFA)、飽和脂肪酸 (SFA) を同時に測定しました。

方法

豚の背脂の平均不飽和度は、同一枝肉から採取した未処理の豚背脂肪組織と融解させた脂肪組織の77のサンプルを用いてラマン分光法で測定されました。スペクトルは、785 nmのレーザーで動作するラマン分光計に光ファイバーで接続されたプローブを用いて取得しました。プローブをサンプルに直接接触させ、20秒間の測定を3回繰り返し、平均スペクトルを記録することによって測定を実施しました。

未処理の脂肪組織サンプルの両側から2つのスペクトルを取得し、脂肪酸組成の平均値を得ました。平均値は、食肉加工アプリケーションに最も関わりがあり

ます。未処理の脂肪組織サンプルを20℃の温度で測定し、その後、均質化して融解しました。融解した脂肪サンプルは、47～50℃で2つの平均スペクトルで測定されました。ガスクロマトグラフィにより、標準IV、PUFA、MUFA、SFA測定プロトコルを用いてリファレンス分析が行われました。

結果

脂肪サンプルのラマン分光測定により、容易に識別可能で定量化できるピークが得られました。図1は、脂肪組織 (点線) と融解脂肪 (実線) のラマンスペクトルを示しています。重要な脂質バンドはセクション1と2にあり、これは1200～1800 cm⁻¹ および2600～3100 cm⁻¹ のスペクトル領域に相当します。

未処理の脂肪組織も融解脂肪も容易に測定できました。スペクトルは約60秒で取得できるため、ラマン分光法は加工プラントにおけるオンラインの組織測定に直接適用することが可能です。このアプリケーションでは、平均不飽和度が重要な値となります。

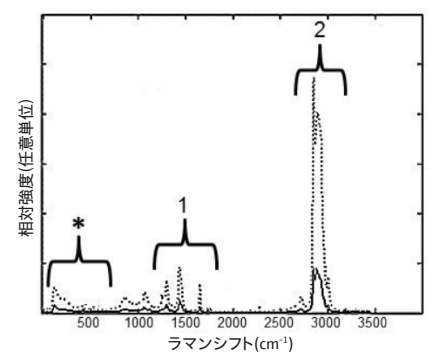


図1: 未処理の豚肉脂肪組織 (点線) と融解脂肪 (実線) のラマンスペクトルは、脂肪酸飽和度に関する情報を提供します。豚肉組織中の脂質に関連するピークは、セクション1と2に示されています。ファイバープローブによるセクション * のバンドは、組織のラマンバンドの収集に干渉しません。許可を得て参考資料1より転載および修正 © 2007 Elsevier

① このアプリケーションノートに記載されているラマン分光計とプローブはすべて、Kaiserラマンテクノロジーを搭載したEndress+Hauser製品です。

特長

- 融解脂肪と未処理の豚肉脂肪の非破壊分析
- IV、PUFA、MUFA、SFAを数分で測定
- 食肉加工中のオンライン品質管理に適した高速分析

不飽和脂肪酸と飽和脂肪酸の量も測定されるため、迅速かつ詳細な特性評価が実現します。

図2は、脂肪組織中のIV、PUFA、MUFA、SFAの予測値と測定値を示しています。すべてのパラメータは良好な相関関係を示しました。3因子部分最小二乗 (PLS) 回帰モデルの結果、相関係数 (R) は0.91 (MUFA) ~0.97 (IV) となりました。融解脂肪の結果も同様の、またはさらに良好な、 $R = 0.96$ (MUFA) ~ $R = 0.98$ (IV) という値を示しました。

予測誤差が小さいことから、ラマン分光法は既存の化学的手法と同様のデータを提供できることが判明しました。重要なことは、ラマン分光法では、サンプル前処理なしで、この情報が迅速に提供されるということです。ラマンデータは各サンプルの複数の位置から生成されたため、均質化されたサンプルから化学的手法によって生成されたデータとラマンデータは一致しました。ラマン分光法によって提供される

平均不飽和度は、加工中に枝肉全体を処理するための加工基準と整合性が取れます。

結論

ラボで行われた本研究では、ラマン分光法が豚の背脂サンプル中のIV、PUFA、MUFA、SFAを同時に測定するための迅速かつ効果的な分析方法を提供できることが実証されました。ラマン分光法は、IV測定のための堅牢かつ移設可能な方法であると報告されています。² 育種、食餌、性別に応じた不飽和度の管理は、保存や加工に役立ちます。ラマン分光法は、給餌戦略を最適化して、豚肉脂肪の不飽和度を管理するための重要なツールであることが証明されました。³ ラマン分光計は、小領域から広範囲までのサンプリング機能を備えており、ラボや加工プラントでの測定が可能です。

参考資料

1. Olsen, E. F., Rukke, E.-O., Flåtten, A., and Isaksson, T. Quantitative determination of saturated-, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in pork adipose tissue with non-destructive Raman spectroscopy. *Meat Science*, **2007**, 76(4), 628–634.
2. Olsen, E.F., Baustad, C., Egeland, B., Elling-Olav, R., and Isaksson, T. Long-Term Stability of a Raman Instrument Determining Iodine Value in Pork Adipose Tissue. *Meat Science*, **2010**, 85(1), 1–6.
3. Berhe, D.T., Eskildsen, C.E., Lametsch, R., Hviid, M.S., van den Berg, F., Engelsen, S.B. Prediction of Total Fatty Acid Parameters and Individual Fatty Acids in Pork Backfat Using Raman Spectroscopy and Chemometrics: Understanding the Covariance between Highly Correlated Fat Parameters. *Meat Science*, **2016**, 111, 18–26.

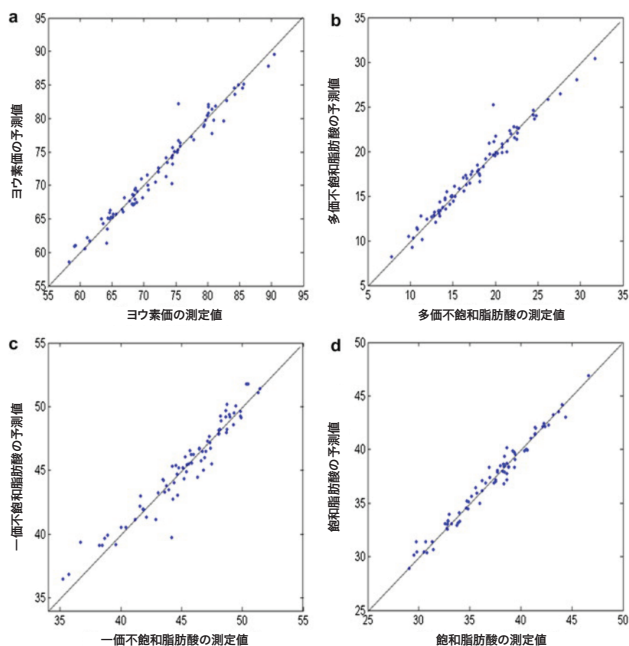


図2: 脂肪組織中の (a) ヨウ素価、(b) 多価不飽和脂肪酸含有量、(c) 一価不飽和脂肪酸含有量、(d) 飽和脂肪酸含有量の予測値と測定値。
許可を得て参考資料1より転載 © 2007 Elsevier