

食品分野における顕微ラマン分光法の活用

植村 亮太*

【要 旨】

市販品のヨーグルトを加工、作製した試料についてラマンイメージングを行い、水分と脂肪分の分布を確認した。水分含量、水分/脂肪分分布及びテクスチャー測定値の相関性に関する考察を行った。

1 はじめに

レーザーラマン顕微鏡は μm オーダーの空間分解能で微小領域のラマンスペクトルを取得することができ、各微小領域のピークの強度分布をイメージングできる。本研究では、市販品のヨーグルトを加工、作製した試料についてラマンイメージングを行い、 μm オーダーの水分と脂肪分の分布を確認した。また、その水分含量、水分/脂肪分分布及びテクスチャー測定値の相関性に関する考察を行った。

2 実験方法

2. 1 試料作製

2. 1. 1 未加工ヨーグルト (ID 1)

市販のヨーグルト (明治ブルガリアヨーグルト LB81 プレーン) を使用した。

2. 1. 2 水切りヨーグルト (ID 2)

未加工ヨーグルトをガーゼに乗せて冷蔵庫内で6時間放置し、乳清を除去した。

2. 1. 3 遠心ヨーグルト (ID 3)

未加工ヨーグルトをガーゼに乗せて、1000rpmで数分間遠心分離し、乳清を除去した。

2. 1. 4 電子レンジヨーグルト (ID 4)

未加工ヨーグルトを電子レンジで加温し、乳清を除去した。

2. 1. 5 オープン焼きヨーグルト I (ID 5)

未加工ヨーグルトを 170°C 30分間オープンで焼いた。

2. 1. 6 オープン焼きヨーグルト II (ID 6)

未加工ヨーグルトを 200°C 40分間オープンで焼いた。

2. 2 ラマンイメージング

レーザーラマン顕微鏡はナノフォトン(株)製 RAMANtouch を使用した。観察に使用したレンズはニコン製 CFI Fluor 60xW (NA1.00) を使用し、1列の観測時間は5秒で行い、各試料について約5分間でラマンイメージを取得した。

2. 3 テクスチャー測定

不動工業(株)製レオメーターNRM2010JCW を使用した。直径4.5mmの平板による咀嚼試験を行った。

2. 4 水分含量測定

凍結乾燥機により作製した試料の水分を完全に除去し、乾燥前後の重量差から計算した。

* 応用技術課 技師

3 結果及び考察

3. 1 ラマンイメージング

3. 1. 1 未加工ヨーグルト

脂肪分（黄色領域）、水分（青領域）はほとんど均一に分布していることが確認された（図1）。



図1 未加工ヨーグルトのラマンイメージ

3. 1. 2 水切りヨーグルト

境界線が不明瞭であるが 2~10 μm オーダーの水分/脂肪分分布の濃淡が見られた（図2）。



図2 水切りヨーグルトのラマンイメージ

3. 1. 3 遠心ヨーグルト

境界線が不明瞭であるが 5~20 μm オーダーの水分/脂肪分分布の濃淡が見られた（図3）。



図3 遠心ヨーグルトのラマンイメージ

3. 1. 4 電子レンジヨーグルト

脂肪分領域と水分領域とが 100 μm 以上のオーダーで明瞭に相分離していることが確認された（図4）。



図4 電子レンジヨーグルトのラマンイメージ

3. 1. 5 オープン焼きヨーグルト I

脂肪分領域と水分領域とが 10~20 μm オーダーで明瞭に相分離していることが確認された（図5）。



図5 オープン焼きヨーグルト I のラマンイメージ

3. 1. 6 オープン焼きヨーグルト II

脂肪分領域と水分領域とが 50 μm オーダーで明瞭に相分離していることが確認された。さらに各領域内に数 μm オーダーの他方の成分を内包していることが確認された（図6）。



図6 オープン焼きヨーグルト II のラマンイメージ

3. 2 テクスチャー測定

各試料のテクスチャー測定結果は表1のとおり。

表1 各試料のテクスチャー測定結果

ID	1	2	3	4	5	6
硬さ	-	3.75	26.14	89.49	12.91	28.79
凝集性	-	0.51	0.79	0.78	0.69	0.78
弾力性	-	0.80	1.00	0.95	0.94	0.95
粘着力	-	5.04	16.01	3.70	3.93	12.28

3. 3 水分含量

各試料の水分含量(w/w%)は表2のとおり。

表2 各試料の水分含量測定結果

ID	1	2	3	4	5	6
水分含量	87.5	80.2	67.1	59.7	78.5	65.1

3. 4 考察

硬さ、凝集性、弾力性は水分含量の低下に伴い大きくなる傾向が見られた（図7）。

一方、水分含量が同程度である水切りヨーグルトとオープン焼きヨーグルト I を比較すると硬さ、凝集性、弾力性が大きく異なる。このことから水分/脂肪分分布の境界が不明瞭な分布と境界が明瞭な相互連結型の分布との相分離構造の違いが硬さ、凝集性、弾力性に影響を与えることが示

唆された。

水分含量と粘着力を比較すると、硬さ、凝集性、弾力性の傾向とは異なり、水分含量の増減に伴って単純に変化していないことがわかる。水分含量の近い組み合わせで比較すると、遠心ヨーグルトとオープン焼きヨーグルトⅡでは明瞭な相分離構造を持つ後者の粘着力が低く、また、水切りヨーグルトとオープン焼きヨーグルトⅠでも明瞭な相分離構造を持つ後者の粘着力が低い。さらに、明瞭な相分離構造を持ち、その分布領域径が大きい電子レンジヨーグルトで最も粘着力が小さくなっており、加熱を伴う加工により生じた相分離構造が粘着力の低下に結びついていることが示唆された。

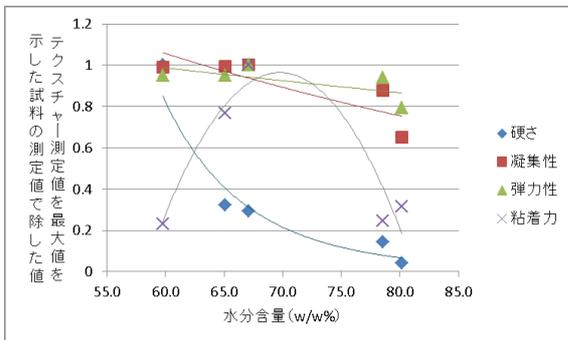


図7 水分含量とテクスチャーの関係

4 まとめ

作製した各ヨーグルトを試料としてラマンイ

メージングを行い、 μm オーダーの水分および脂肪分の分布を確認できた。

テクスチャーは成分の重量比率（組成）による影響を大きく受けるが、同様の組成であっても相分離構造などの μm オーダーの成分分布によって粘着力等に影響することが確認できた。

検証試料の種類が少ない為、成分分布とテクスチャーの相関について体系的に評価するには至らなかった。

たんぱく質等の成分もテクスチャーに影響していることが考えられるが、今回のラマンイメージングにおいては検出強度が十分得られず、検証できなかった。測定時間を延ばすことで検出強度を高められるが、今回のように分析対象が柔らかい試料である場合には長時間の測定中に数 μm 以上の形状変化等を防ぐことが困難であり、今回の報告では短時間の測定で検出強度が得られる水分と脂肪分を対象成分とした。

レーザーラマン顕微鏡は相補的な関係にあるFT-IRと比較すると最近になって応用され始めた分析機器である。今後の装置の性能向上により、現行ではラマンイメージングの難しい柔らかい食品の成分分布観察が容易にできるようになるかもしれない。