

C115

プロトン NMR パラメータによる食製品設計

- イカ・サケ乾燥製品を例として -

(北見工大) ○(正) 三浦 宏一*、(正) 松田 弘喜、(道工技セ)(正) 小西 靖之、
木戸口 恵都子、(アドテック) 小林 正義

1. 緒言

食品の水分種は極めて多様性に富んでおり、そのことが食製品の品質にも強い影響を与えている。食品の水分の保持能力を評価する方法の一つとして水分活性(Aw)法がある。周知のように、Aw値は0~1.0の間に分布し、その数値は微生物増殖や各種酵素的・非酵素的反応にも関与し、脂質の酸化や褐変現象の条件にも強い影響を与える。従って食製品設計においてAw値のどの領域の値を利用するかを注意深く決定しなければならない。我々は食品中の複合水分種をより直接的に評価する方法として、プロトンNMR緩和時間を利用した水分子の運動性評価パラメータである相関時間 τ_c を利用する方法を提唱してきた。例えばこの方法をスルメイカ筋肉中の水分種の評価に応用し、性質の異なる複合水分種-A₁とA₂の存在を明らかにした。

多様な食製品を効率よく設計するには、科学的根拠に基づいた食材の定量的評価が必要である。その評価法の一つとして、プロトンNMRパラメータの τ_c を提案する。この τ_c と食材の含水率(W₀)、硬さ(N_p)、水分種-A₁及び-A₂の有効拡散係数De、Deの活性化エネルギーE_b、Deのプレ指数項DA₀、水分種自己組織化活性化エネルギーE_{so}、凍結水量Fw、Awなどとの関係を定量的に評価したデータは、食製品の具体的設計に有効に活用できるはずである。

本研究では τ_c が食製品設計に有効であることを示すために(1)設計に使う機能水種の種類や食材の種類をそれぞれ差別化して τ_c 値の差として可視化すること、(2)設計にあたって、 τ_c 値には特別な臨界値が存在するのかわかること、(3)設計にあたって、 τ_c 値と関連つけた設計パラメータ群の分布を描くこと、を目的としている。

2. 実験方法

試料として、通風乾燥により含水率を調整したイカとサケを用いた。常温でのNMR測定はスペクトル観測に加えて、水のプロトン緩和時間T₂の測定を行った。測定したT₂から水分子の回転運動の相関時間 τ_c を算出した。Awは水分活性計、N_pはクリープメータを用いて測定し、Deは試料の脱水応答曲線より、またDeの乾燥温度依存性から拡散の活性化エネルギーE_bと頻度因子DA₀を求めた。

さらに試料水分種の可視化を目的にダイナミックな特性を評価するために温度動的条件下でのNMR測定

を行い、自己組織化活性化エネルギーE_{so}と凍結水量Fwを求めた。また製造に用いる加工水の違いによる水分種評価のために、一度乾燥した試料に蒸留水または温泉水を再吸着させた試料を作成し、これに対してもNMR測定と解析を行い、各種パラメータを求めた。

3. 結果と考察

3-1. NMRパラメータ τ_c による機能性水分種・食材種の違いの分離可視化

従来利用されてきた食材設計パラメータAw値はNMRパラメータ τ_c 値とは極めて良好な一次関数で関係付けられ(1)式で表現される。

$$Aw = a \cdot \tau_c + 1.0 \quad (1)$$

(1)式の定数aは食材・水分種により特定の値を与え、明確な差別化ができる。同様にN_p、De、Ebを τ_c 値の関数として図式化すると、イカ、サケ筋肉中の水分種の特性を差別化できた。また食製品設計において利用する機能水種の差別化もできた。

3-2. τ_c 値の臨界値

3-1で求めたイカ、サケのN_p、De、Ebの τ_c 関数曲線は、いずれも $\tau_c = 1.0 \times 10^{-8}$ sにおいて急激な変化を与え、食製品設計における臨界値であることがわかった。従って両者を原料とする食製品設計においては、この値を考慮して製品の個性を決定することが必要である。

3-3. 製品評価パラメータ群の分布図

図1は τ_c 、N_p、De、Eb、W₀、Aw、E_{so}、Fwを含むすべてのパラメータをレーダー図にしたものである。これは水分種が持つ複数の特性をわかり易く表示しており、実際の食製品設計において指針となる。

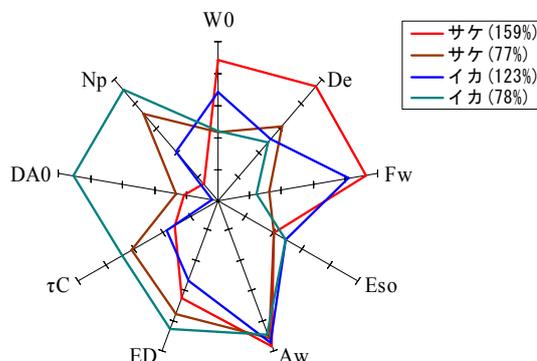


図 1. イカとサケ中の水分種の各種パラメータ特性分布図

* kmiura@mail.kitami-it.ac.jp