HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	加工による食品テクスチャーの改変と物性評価に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	竹井, 亮
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第7098号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78001
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ryo_takei_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称：博士（農学）

氏名　　竹井　亮

学 位 論 文 題 名

加工による食品テクスチャーの改変と物性評価に関する研究

【背景】

近年、日本をはじめとする先進国の人口の少子高齢化は、被介護者の増加と介護者の高齢化を同時に起こし深刻な社会問題となっている。優れたテクスチャーと利便性を持つ介護食製品の開発は、患者の栄養状態を改善し得るだけでなく介護者の調理時間及び提供時間の短縮にもつながるため、より美味しく食することのできる介護食の開発研究は現代の介護問題の打開策の一つとなりうる。介護食の開発において外観を保つことは被介護者の食欲を刺激する上で重要である一方、咀嚼能力が低下しがちな高齢者にとっては食素材の柔らかさが重要となり、相反する要因を同時に成立させなくてならないところに製品開発の難しさがある。よって、製造された介護食がどのような要因で外観と食感を損なわず軟化を実現したかを明らかにすることは、今後の製品開発に重要な指針を与える。また、テクスチャーの一定した製品の製造は食品製造業において必須であるが、米菓製造など、最終産物の外観やかたさの調整に人的な勘やコツがいまだに必要とされる品目が存在する。相対的な労働力人口の減少の対策として、食品を含む製造業においてもさらなる機械、ロボット、Internet of Things（IoT）技術の導入が不可避と言われているが、製品によっては未だに勘・コツと呼ばれる職人的な五感に頼った製造・品質管理が存在し、労働人員の削減への壁は高い。このような職人的繊細な感覚を物性測定で定量化することで、製造工程の一部、もしくは全工程を機械、ロボットに置き換えることが可能となり、労働力不足を補い、より少ない労働力で高い生産性を確保することが可能となる。

本研究は上述の視点から、食品テクスチャーに関わる問題に焦点をあて、1) 研究開発された介護食品の未解明であった物性の評価およびその特質（第 1 部）と 2) 米菓製造における勘、コツの定量化と品質予測について研究を行った（第 2 部）。

1. 酵素処理肉のテクスチャー変化

1-1. 酵素処理牛肉の咀嚼前後の物性変化

咀嚼困難者のために酵素均質浸透（Homogeneous Enzyme Permeation: HEP）法により外観を保持しつつ、素材の軟化を実現した牛肉を介護食として製品化した。介護食としての物性を評価するために、「嚥下開始までの咀嚼回数」、「かたさ」、「静的粘弾性」、「圧縮試験」、「水中分散性」について調べた。HEP 処理がもたらす牛肉（HEPB）の軟化の要因は、本処理による粘性係数の低下と粒子サイズの減少による変形性の増大が寄与していたと判断で

きた。HEPB は通常調理の牛肉と同様の外観を保ちながら食べやすい物性、つまり咀嚼困難者が喫食するのに十分なやわらかさ、容易に噛みしめられる変形性、素早い水への分散性と低粒子径化による残差の少なさを兼ね備えていることを示唆できた。

1-2. 咀嚼困難者用の酵素処理鶏胸肉の食感と微細構造

咀嚼困難者用に HEP 法により軟化した鶏胸肉（HEPC）を調製した。介護食としての物性変化の詳細を調べるため、「繊維感」、「タンパク質含量」、「タンパク質組成」、「微細構造」について調べた。HEP 鶏胸肉は酵素分解によりタンパク質が低分子化していた。一方、電子顕微鏡観察により筋繊維の構造は保たれているものの、筋繊維断面の様子はスポンジ状に疎なものとなっていることが判明した。HEPC は適度に酵素反応が進行し、繊維感のある軟化を達成していることが明らかとなった。

2. 米菓製造工程中の団子物性が米菓の品質に与える影響

米菓製造の初期段階から米菓の最終品質を予測・制御するため、米菓製造上の中間産物である米団子の動的粘弾性と最終製品である米菓の物性の相関関係を調べた。モデル試料として３段階のそれぞれ異なる加熱時間と練り時間の団子を調製した。蒸練時間が長くなるにつれかつ、練り回数が増えるにつれて、貯蔵弾性率（G’）、損失弾性率（G”）は低下し、特に G’が減少した。その結果、団子の損失正接 tan δ（=G”/G’）は増加し、tan δ 値は米菓の比容積と高い相関を示した。本試験で作成したサンプルは蒸しや練りが十分でない試験区があるために米菓かたさの傾向が 2 種類のサンプルが存在した。しかし、蒸しと練りの進行により、団子にきめ細かいネットワークが発達し tan δ の増加と G’の減少が起こり、気泡壁の厚みがある程度を超えると比容積と反比例してソフトな食感の米菓となっていくものと示唆できた。実際に tan δ=0.252 以上の処理サンプルは、蒸しあるいは練り時間の増加によってかたさと圧縮の総エネルギーは変化した。配合や品種毎に異なるとは予想されるものの団子の物性を示すファクターのうち、少なくとも tan δ の値が 0.25 以上のものが望ましい最終製品、煎餅を与えるであろうと判断できた。

以上、本研究により、改変されたテクスチャーを持つ介護食品用軟化肉の特徴が種々物性測定によって、多面的に数値化・評価され、肉の特徴的なテクスチャーの一つである繊維感を保った軟化であることが示すことができ、外観のみならず食感の特徴も一部残すことができていることが明らかとなった。外観を保ちながらも食素材の軟化を達成した要因を調べた結果、酵素分解によってミオシンやアクチンなど肉の主要な構成成分が低分子化していながら、筋線維構造は残存していることがわかった。

米菓製造中間産物である団子のテクスチャーは、蒸し、練り時間を変えることで変化し、その変化は G’と G”で構成される動的粘弾性測定で数値化され、最終製品である米菓の膨化を示す比容積と高い相関があり、製造初期段階の tan δ を評価することで、24 時間以上先の最終製品のテクスチャーを熟練工でなくとも予測、調整が可能であることを明らかにできた。