

スルメイカ肉の破壊特性

山本 晋玄・白板 孝朗・中村 靖人・山日 達道

はじめに

現状の介護食あるいは厚生労働省の基準を満たす高齢者用食品は、歯で噛まなくても食べられるような形態である。これらの食品の中には、本来のテクスチャーとは異なり、食欲を削ぐようなものもある。平均的な高齢者は、歯を失っていて、良くできた義歯を用いても咀嚼能力は健康な成人の半分以下に落ちる¹⁾。高齢者が食事を楽しむためには、歯の本数が少なくなって、義歯でも食べられる食品が必要である。

本研究では、食品本来の食感や外観を活かしながら、噛み切りやすい物性のイカ加工食品を開発するため、破断試験と引張試験により破壊特性を調べた。

実験方法

1. 試料

大畑港で水揚げされた平均1尾300g、平均外套長245mmの船凍スルメイカ(以下、単に「イカ」と称する)を用いた。イカは、流水で解凍し、胴を開き、スキナーで表皮第1~3層を剥いたものを-40℃の冷凍庫内で再凍結した。再凍結したイカは、1枚ずつ真空包装し、-40℃に保存し、実験に供した。

2. 剪断試験

試料片は体軸に平行と垂直の2方向となるように切り出した。試料片の大きさは長さ30mm×幅10mm×厚さ4mmとした。試料の下に直径48mm、切り込み幅5mmの台(プランジャーガイドPG108、山電製)を置き、50Nのロードセルを装着したインストロン5542型試験機にカッター替刃(BA-50P、NT製、厚さ0.38mm)を装着したプローブを取り付けた。カッターの刃側で試料中央部を60mm/minで等速圧縮して行った。同一条件でそれぞれ18回繰り返した。

3. 引張試験

試料片は、長さ70mm×幅2mm×厚さ4mmとした。長さ70mmの試料の両側25mmずつを濾紙(No.590、東洋濾紙株式会社)に瞬間接着剤(スーパーXクリア、セメダイン株式会社)で接着し、0、10、20℃に1時間放置後、濾紙部分を引っ張りチャックで挟み、引っ張り破壊させた。測定は20℃の室内で行い、試験時に温度測定用試料のイカ肉部分に熱電対温度計を差し込み、試料温度(試料温度±0.4℃)になっていることを確認した。機器に引張チャックを取り付け、30、60、120、300mm/minの速度で測定した。同一条件でそれぞれ8回繰り返した。ヤング率を算出するために、引張荷重を試料の初期断面積で割って応力を求め、応力対ひずみ曲線を作成した。ヤング率は、応力対ひずみ曲線から初期の傾きとして算出した。

結 果

1. 表皮第4層と内臓皮組織の破断荷重（剪断試験）

表皮側と内臓側からの切れやすさの差異を見るために、剪断する側を変えて比較した。体軸方向（軟甲方向）に切り出した試料では、内臓側の皮組織側から剪断するより表皮第4層から剪断する方が破断荷重は大きかった（図1）。一方、体軸に直交する方向に切り出した試料では、表裏の差は認められなかった（図2）。

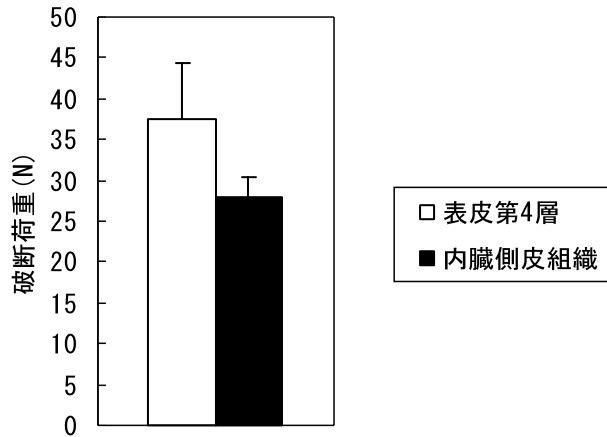


図1 体軸方向に切り出したサンプルの破断荷重
サンプル間には有意である ($p < 0.01$)。

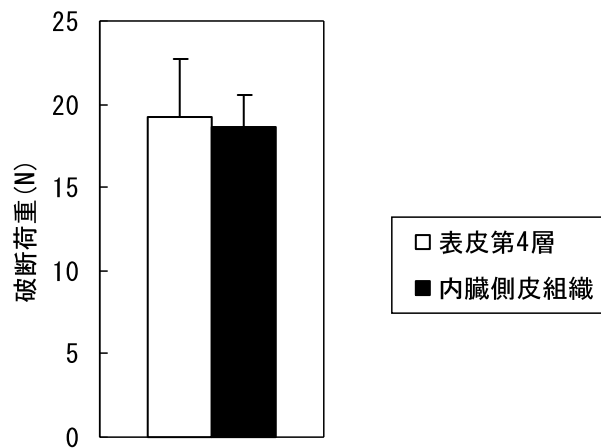


図2 体軸と直交する方向に切り出したサンプルの破断荷重
サンプル間に有意差なし ($p > 0.01$)。

2. 速度・温度変化による破断荷重変化（引張試験）

体軸方向への引張では、引張速度が速くなるほど、破断荷重が低下した(表1)。また、0～20℃の温度範囲では、試料温度が下がるほど、破断荷重が低下した(表2)。

一方、体軸と直交する方向では、引張速度が速くなるほど、破断荷重が増加した(表1)。また、破断荷重は、0～20℃の温度範囲においては試料温度が下がるほど、破断荷重が増加する傾向がみられた(表2)。いずれの速度、温度条件においても、体軸方向への引張破断荷重は、体軸直交方向よりもはるかに大きい破断荷重を示した(表1、2)。

表1 引張速度変化による破断荷重およびヤング率の変化

		速度(mm/min)			
		30	60	120	300
破断荷重(N)	体軸方向	4.78±1.00 ^a	5.33±1.50 ^a	4.30±0.80 ^{ab}	3.33±0.82 ^b
	体軸直交方向	0.92±0.39 ^a	1.55±0.48 ^b	1.46±0.30 ^{ab}	1.84±0.80 ^b
ヤング率(MPa)	体軸方向	1.85±0.66 ^a	1.76±0.28 ^a	1.12±0.29 ^b	0.95±0.13 ^b
	体軸直交方向	0.29±0.06 ^a	0.25±0.03 ^a	0.41±0.08 ^b	0.44±0.07 ^b

測定温度は、20℃。

平均値±標準偏差。

同一行内で異なる記号のついた条件間に有意差あり (p<0.05)。

表2 温度変化による破断荷重およびヤング率の変化

		温度(℃)		
		0	10	20
破断荷重(N)	体軸方向	3.51±0.90 ^a	4.08±1.14 ^{ab}	5.33±1.50 ^b
	体軸直交方向	2.20±0.17 ^a	1.68±0.40 ^b	1.55±0.48 ^b
ヤング率(MPa)	体軸方向	0.88±0.20 ^a	1.43±0.34 ^b	1.76±0.28 ^b
	体軸直交方向	0.49±0.11 ^a	0.29±0.03 ^b	0.25±0.03 ^b

速度は、60mm/min。

平均値±標準偏差。

同一行内で異なる記号のついた条件間に有意差あり (p<0.05)。

3. 速度・温度変化によるヤング率変化（引張試験）

体軸方向に引っ張った場合、速度が速くなるほど、ヤング率が低下し(表1)、0～20℃の温度範囲では、試料温度が下がるほど、ヤング率が低下した(表2)。体軸と直交する方向では、速度が速くなるほど、ヤング率が増加し(表1)、0～20℃の温度範囲では、試料温度が下がるほど、ヤング率が増加した(表2)。いずれの速度、温度条件においても、体軸方向への引張では、体軸直交方向よりも大きいヤング率を示した(表1、2)。

考 察

イカ肉組織では、内臓側皮組織より表皮第4層とチューニクの厚さの方が厚いという報告がある²⁾。本実験結果は、チューニクは筋肉より硬く、強力であるという指摘³⁾とも一致する。したがって、チューニクを含む表皮第4層を除くか破壊することで、噛み切る力を減少させることができると期待される。

体軸方向と体軸と直交する方向への引張荷重は、体軸方向の引張荷重が大きかった。これは、皮

組織が抗張力に影響を与えるという報告⁴⁾と一致する。構成タンパク質の変性温度よりも低い温度範囲⁵⁾で、破壊特性の温度依存性を観察した。一般に、物質は低温になるほど硬化するのに対し、低温で軟化する性質をゴム弾性と呼んでいる⁶⁾。体軸方向では、低温ほど破断荷重値、ヤング率が低くなり、ゴム弾性に類似の性質を示した。体軸方向では、速度が速くなるほど、破断荷重値、ヤング率が低くなる速度域が認められた。イカ肉にはゴム様タンパク質のコラーゲンの他にコネクチンの存在が示唆されている⁷⁾。本実験では温度の低下にしたがって弾性率が低下する現象が観察され、ゴム様タンパク質の存在によりゴム弾性が現れたのではないかと考えられる。さらに詳しい考察には、イカ肉に含まれる構成成分ごとの検討も必要であろう。

本研究で得られた結果から、チューニクを含む表皮第4層を処理後、低温で喫食することにより、生イカ肉の物性を制御し、歯応えを残しつつ噛み切りやすい生イカ肉が加工できるものと考えられる。

要 約

1. イカ肉の破壊特性には高度な異方性があった。その原因は、イカ肉が表皮第4層と内臓側皮組織に挟まれていることと、2種類の筋繊維の層状構造があることによる。体軸方向に切り出した試料では、内臓側の皮組織より表皮第4層から剪断する方が破断荷重は大きかった。
2. 破断荷重とヤング率の温度と変形速度依存性からは、低温や高速の方が低い値を示すことがわかった。

文 献

- 1) 神山かおる. 高齢者に咀嚼しやすい日本型食素材. 日本栄養・食糧学会誌、2005；58：103-106.
- 2) 田中武夫. イカ肉の利用・加工に関する組織学的及び組織化学的研究 I イカ肉の組織学的特性. 東海区水産研究所研究報告、1958；20：77-89.
- 3) Gosline, J.M. and Demont, M.E. イカのジェット推進泳法(佐々木俊一訳). サイエンス、1985；15：104-111.
- 4) 高橋豊雄、竹井誠. イカ肉の加工に関する研究. 東海区水産研究所研究報告、1956；18：31-90.
- 5) 田中晴生、木村郁夫、新井健一、渡辺静雄. 魚類およびスルメイカミオシンの加熱変性における初期変化. 日本水産学会誌、1982；48：445-453.
- 6) 磯直道、水野治夫、小川廣男. 弾性と温度. 食品のレオロジー -食の物性評価-、成山堂書店、東京、1998；14-19.
- 7) Kagawa, M., Matsumoto, M., Yoneda, C., Mitsuhashi, T. and Hatae, K. Changes in meat texture of three varieties of squid in the early stage of cold storage. *Fisheries Science*, 2002；68：783-792.