

調理条件がメカブ粘性物質の性状と生理作用に及ぼす影響

山 中 なつみ (岐阜女子大学家政学部助手)

はじめに

ワカメ (*Undaria pinnatifida*) の成実葉であるメカブは、葉状体に比べて脂質やミネラルなどの含有量が高く成分的にも特異な部位であるが、食品素材としての最大の特徴は葉状体にはない粘りを持つことである。細かく刻んだメカブに熱湯をかけて攪拌し粘りを出した後、汁物にいれたり酢の物にするなど、粘りを生かした調理方法によって食べられている。この粘りには褐藻類に含まれる難消化性多糖のアルギン酸が溶出し、その粘性に関与している¹⁾。難消化性多糖の生理作用にはその粘性が大きな役割を果たしていること²⁾から、粘度の高いメカブの粘りに注目し、その調理特性と生理作用について検討してきた^{1,3-6)}。その結果、メカブの粘りの物性は調理条件によって変化することが明らかとなり、メカブの生理作用は調理条件による性状の変化もふまえて検討する必要があると考えられた。そこで本研究では、調製温度が粘りの粘度と溶出成分に及ぼす影響を調べるとともに、調製温度が異なる粘りの生理作用を比較し、調理条件と生理作用との関連について検討を行った。

1. 調製温度がメカブ粘性物質の性状に及ぼす影響

(1) 実験方法

① 粘性物質の調製：細断した韓国産乾燥メカブに20, 40, 60, 80℃の湯を加え、各々の温度を保ちながら、浸漬(5min)、攪拌(150rpm, 5

min)した。二重ガーゼでろ過したろ液をメカブ粘性物質とし、さらにこれを凍結乾燥したものを粘性物質乾燥物とした。

② 粘度測定：調製直後の粘性物質1mlを用い、E型粘度計(東京計器)により回転数100rpmにおけるみかけの粘度を測定した。測定時の試料温度は調製時と同温度とした。

さらに、溶出した成分の粘度が粘性物質の粘度に与える影響を調べるため、粘性物質乾燥物についても粘度を測定した。粘性物質乾燥物の10%水溶液1mlを用い、回転数100rpm、試料温度20℃におけるみかけの粘度を測定した。

③ 高速液体クロマトグラフィーによる成分分析：異なる温度で調製した粘性物質について高速液体クロマトグラフィーにより成分の分離を試みた。粘性物質乾燥物の0.3%水溶液20 μ lを試料とし、カラムはShodex Asahipak NH2P-50 4E(4.6mm i.d. $\times$ 250mm long)を用い、移動相は0.1M塩化ナトリウム溶液(流速0.3ml/min)、UV210nmで検出した。粘性物質中には褐藻類に含まれる粘性多糖であるアルギン酸やフコイダンが溶出していること⁷⁾から、アルギン酸ナトリウム(和光純薬工業、一級、100~150cP)ならびにフコイダン(SIGMA F-5631)についても同様の条件で分析した。

(2) 結果および考察

異なる温度で調製した粘性物質の粘度をFig.1に示した。調製温度が高いほど粘性物質の粘度は高くなり、調製温度40, 60, 80℃における粘度にはそれぞれ有意差($p < 0.01$)が認められた。

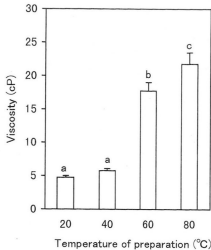


Fig.1 Influence of temperature of preparation on viscosity of viscous exudates

Viscosity was measured using an E type viscometer at 100rpm and the same temperature of preparation. Values are means of three replicated measurements. Vertical bars represent standard deviations. a-c: Values not sharing a common letter differ significantly using Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

40°Cで調製した粘性物質の粘度は5.8cPであったのに対し、60°Cでは17.8cPと約3倍に増加しており、調製温度40°Cから60°Cにおける粘度の変化が著しかった。粘性物質の粘度は調製温度と同温度で測定しており、高温で調製した粘性物質は試料温度が高いにもかかわらず粘度が高くなったことから、溶出している成分の量や組成が変化していることが考えられた。

粘性物質乾燥物の量を乾燥前の粘性物質に対する重量%で示すと、調製温度が高いほど乾燥物の量は増加し、20, 40, 60, 80°Cにおけるいずれの値の間にも有意差 ($p < 0.01$) が認められた (Fig. 2)。また、粘性物質乾燥物の粘度も調製温度が高いほど増加し、20, 40, 60, 80°Cにおけるいずれの値の間にも有意差 ($p < 0.01$) が認められた (Fig. 3)。粘性物質の粘度との相関係数は、乾燥物の量が0.89, 乾燥物の粘度が0.98であり、粘性物質の粘度と乾燥物の粘度は統計的に有意に高い正の相関を示した。これより調製温度が高いほど粘度の高い粘性物質が得られる要因として、溶出物の量の増加ならびに溶出成分の組成変化のい

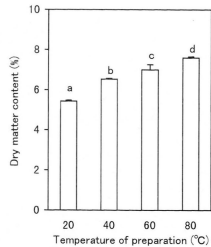


Fig.2 Influence of temperature of preparation on dry matter content of viscous exudates

Values are means of three replicated measurements. Vertical bars represent standard deviations. a-d: Values not sharing a common letter differ significantly using Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

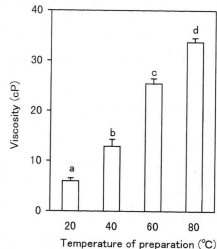


Fig.3 Influence of temperature of preparation on viscosity of dry matter viscous exudates

Viscosity was measured using an E type viscometer at 100rpm and 20°C in a 10% solution. Values are means of three replicated measurements. Vertical bars represent standard deviations. a-d: Values not sharing a common letter differ significantly using Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

れもが関与していることが示された。特に、後者の影響が大であり、乾燥メカブを浸漬、攪拌する際の温度が高いほど粘度の高い成分が多く溶出していることが明らかとなった。

そこで、粘性物質乾燥物の成分を高速液体クロマトグラフィーにより分析した。80°Cで調製した粘性物質を分析して得られたクロマトグラムを

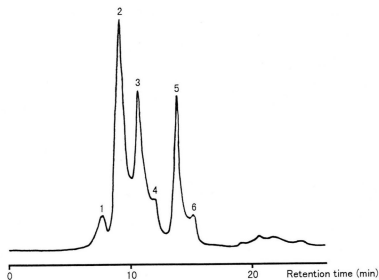


Fig.4 Chromatogram of viscous exudate prepared at 80°C

The HPLC conditions as follows; Shodex Asahipak NH2P-50 4E (4.6mm I.D.×250 mm long), mobile phase: 0.1M NaCl (0.3ml/min), detector: UV 210nm.

Fig.4に示した。保持時間16分までに6本のピークが検出され（保持時間の短いものからNo.1～No.6とする）、他の温度で調製した粘性物質においてもそれぞれ同様のピークが検出された。ピークNo.1～6の保持時間はそれぞれ7.9, 9.6, 11.0, 12.1, 13.9, 15.2分であった。一方、アルギン酸ナトリウムとフコイダンの保持時間はそれぞれ8.8分と30.1分であった。

調製温度の異なる粘性物質におけるピークNo.1～6の面積比の変化を比較した結果 (Table 1), いずれもピークNo.2の面積比が最も高く40%前後を占めた。調製温度が異なる粘性物質の各ピーク

ク面積比と粘性物質乾燥物の粘度との相関係数を算出したところ (Table 1), ピークNo.1が1.00と統計的に有意 ($p < 0.01$) に高い正の相関を示し、主要ピークであるピークNo.2も0.74と正の相関を示した。ピークNo.1の成分は粘性物質の粘度変化に大きく関与しており、粘度の高い成分であることが推定されるが、その保持時間はアルギン酸ナトリウムやフコイダンとは一致せず、成分の同定には至らなかった。

Table 1 The change of peak area on chromatograms and viscosity of dry matter of viscous exudates prepared at different temperature

Peak No. Retention time (min)	Temperature of preparation (°C)				$r^{1)}$
	20	40	60	80	
1 7.9	2.9	3.2	4.1	4.5	1.00**
2 9.6	38.8	40.2	40.0	40.3	0.74
3 11.0	27.6	26.2	23.8	25.6	-0.71
4 12.1	6.9	10.9	12.4	5.1	-0.15
5 13.9	19.6	15.3	15.0	20.9	0.17
6 15.2	4.3	4.1	4.7	3.6	-0.37
Viscosity of dry matter (cP)	5.98	12.93	25.47	33.71	

1) Correlation coefficient between peak area and viscosity of dry matter.

** : $p < 0.01$

2. 調製温度がメカブ粘性物質の生理作用に及ぼす影響

メカブ粘性物質乾燥物を飼料に添加してラットを飼育した結果、飼料効率が有意に低下し、メカブ粘性物質の生理作用として他の栄養素の消化吸収を阻害する作用が示唆された⁶⁾。そこで、メカブ粘性物質の粘性と他の栄養素の消化吸収との関連を調べるため、10℃と80℃で調製した粘度の異なるメカブ粘性物質を試料とし、消化管内における粘性物質の粘度変化ならびにグルコースの吸収に及ぼす影響を調べた。

2.1 消化管内における粘度変化

2.1.1 膵液酵素を使った人工消化実験

小腸内におけるメカブ粘性物質の粘度変化を調べるため、膵液酵素を用いて人工消化実験を行った。粘度変化を測定するとともに、還元糖量ならびに遊離アミノ酸量を定量し、膵液酵素によって分解される粘性物質中の糖質とタンパク質の量を調べた。

(1) 実験方法

① 基質の調製：1 (1) ①と同様の方法で、調製温度を10℃あるいは80℃として粘性物質を調製し、凍結乾燥した粘性物質乾燥物（以下、10℃

あるいは80℃粘性物質乾燥物とする）を基質とした。

② 消化実験：10℃あるいは80℃粘性物質乾燥物を各々10%濃度となるようリン酸緩衝液に溶解し、pH 6.8に調整した。この基質溶液 7g を37℃の恒温槽で10分間予備保温した後、1%パンクレアチン (SIGMA P1750) 1ml を添加したものをテスト、水 1 ml を添加したものをブランクとして37℃で24時間振とうした。

反応直後の反応液 1 ml を試料とし、TV-20形粘度計 (TOKIMEC) を用いて回転数 100rpm、試料温度37℃におけるみかけの粘度を測定した。さらにソモギネルソン法により還元糖量を、ニンヒドリン比色法によりアミノ酸量を定量した。

(2) 結果および考察

10℃あるいは80℃粘性物質乾燥物を基質としたいずれの反応液の粘度もテストとブランクで差がなく (Fig.5(A))、メカブ粘性物質は膵液酵素との反応によって粘度が低下しないことが示された。反応液中の還元糖量は、10℃粘性物質乾燥物を基質とした場合、ブランクでは 4.8 mg、テストでは 10.9mg とブランクに比べてテストの方が有意 ($p < 0.01$) に還元糖量が多かった (Fig.5(B))。80℃粘性物質乾燥物を基質とした場合においても

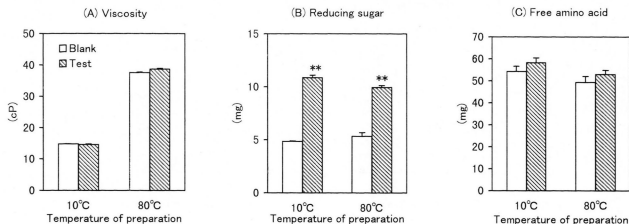


Fig.5 Changes in viscosity, reducing sugar and free amino acid content of the hydrolysates on *in vitro* tests by pancreatin.

Values are means of three replicated measurements. Vertical bars represent standard deviations.

** : Significantly different using Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

同様の傾向で、粘性物質と酢液酵素との反応によって糖が分解され、還元糖が増加することが示された。遊離アミノ酸量は10°Cあるいは80°C粘性物質乾燥物を基質としたいずれの場合にも有意差は認められず (Fig.5(C)), 粘性物質中のタンパク質は分解されていないことが示された。これらの結果から、メカブ粘性物質はその粘度の高低にかかわらず、酢液酵素によって糖質の一部が分解されるものの粘度は低下せず、もとの粘度を保ちながら小腸内を通過することが推定された。

2.1.2 ブタ盲腸内容物を使ったバッチ培養

小腸で消化されずに高い粘度を保ちながら大腸に達した粘性物質は、腸内細菌の発酵基質として利用される可能性が考えられる。そこで、大腸内におけるメカブ粘性物質の粘度変化を調べるため、ブタの盲腸内容物から調製した混合微生物を使ったバッチ培養を行った。また、メカブより抽出したアルギン酸ナトリウムも基質として用い、メカブ粘性物質の主要成分と考えられるアルギン酸が粘性物質の大腸内発酵基質としての性状に与える影響を調べた。

(1) 実験方法

① 基質の調製: 2.1.1 (1) ①と同様の10°Cと80°C粘性物質乾燥物、ならびにメカブよりアル

カリ抽出⁸⁾したアルギン酸ナトリウムを基質として用いた。

② 培養条件: 10°Cあるいは80°C粘性物質乾燥物を各々10%濃度となるよう pH 6.8 重炭酸緩衝液に溶解し基質溶液とした。この基質溶液の粘度を TV-20 形粘度計を用い回転数 100rpm, 試料温度37°Cにおけるみかけの粘度を測定したところ、10°C粘性物質乾燥物では14.0cP, 80°C粘性物質乾燥物では51.8cP であった。メカブより抽出したアルギン酸ナトリウムについては、10°Cあるいは80°C粘性物質乾燥物を基質とした基質溶液の粘度と同等の粘度となる2種類の濃度 (0.5%, 0.9%) で基質溶液を調製した。

ブタの盲腸内容物から調製した菌体溶液⁹⁾と各基質溶液を、粘度測定用には1mlずつ、全糖量測定用には0.5mlずつ混合し37°Cの恒温槽で24時間培養した。培養直後の反応液1mlを試料とし、TV-20形粘度計を用いて回転数100rpm, 試料温度37°Cにおけるみかけの粘度を測定した。さらにフェノール硫酸法により全糖量を定量した。

(2) 結果および考察

10°Cあるいは80°C粘性物質乾燥物を基質とした場合、培養液の粘度ならびに全糖量は培養前後で有意差は認められなかった (Fig.6)。しかし、メ

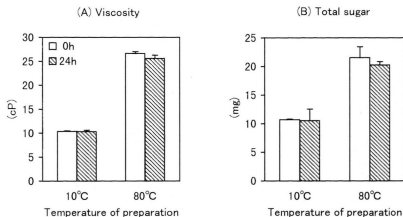


Fig.6 Changes in viscosity, and total sugar content batch culture of viscous exudates using pig cecal bacteria.

Values are means of three replicated measurements. Vertical bars represent standard deviations.

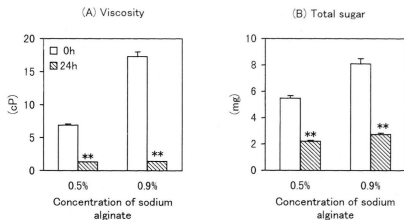


Fig.7 Changes in viscosity and total sugar content in batch culture of sodium alginate using pig cecal bacteria.

Values are means of three replicated measurements. Vertical bars represent standard deviations. **: Significantly different using Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

カブ抽出アルギン酸ナトリウムを基質とした場合では、培養後に有意 ($p < 0.01$) な粘度の低下が認められ、低粘度の0.5%では培養前の6.9 cPが1.3 cPに、高粘度の0.9%でも17.3 cPが1.4 cPに低下した (Fig.7 (A))。全糖量も有意 ($p < 0.01$) に減少しており (Fig.7 (B))、腸内細菌によってアルギン酸が分解されて全糖が減少し、粘度が低下したと考えられる。これらの結果から、メカブ粘性物質は粘度の高低にかかわらず腸内細菌による分解を受けず、大腸内においても粘度を保っていることが推定された。しかし、メカブより抽出したアルギン酸は腸内細菌によって分解されて粘度が低下したことから、メカブ粘性物質の大腸内発酵基質としての性状には、主要成分であるアルギン酸の性状ではなく、他の成分あるいは粘性物質の物理的な高次構造などが影響していることが示唆された。

2.2 グルコースの吸収に与える影響

ラットにメカブ粘性物質とグルコースを同時に摂取させ、血糖値の経時変化を測定することにより、粘性物質の摂取がグルコースの吸収に与える影響を調べた。胃と小腸における内容物の滞留時間がグルコースの吸収を左右すると考え、回腸末

端と遠位結腸を結ぶ盲腸・結腸迂回手術を施したラットを用い、非吸収性のCo-EDTAを飼料に添加し、その糞中排泄量から胃と小腸における滞留時間を測定した。

(1) 実験方法

① 実験動物および飼育条件：6週齢のWistar系雄ラットを用いた。一般飼育用固形飼料（オリエンタル酵母工業MF）と水を自由摂取させ、個別式ステンレスケージ内で、温度24℃、湿度60%、6:00~18:00暗期、18:00~6:00明期の環境で飼育を行った。

② 盲腸・結腸迂回手術：ラットをネブタール（大日本製薬）（体重1Kg当たり25mg腹腔内注射）で麻酔した後、正中線で開腹し、回腸・盲腸接合部から約3cm口側を切断した。回腸の盲腸側断端の切断面を5mm程度管腔内へ折り込んで縫合し盲端をつくった。遠位結腸の骨盤腔頭側縁から約3cm口側の反腸間膜側を7mm程度長軸方向に切開し、この切開創に、回腸の口側断端を7mm程度差し込み、回腸の口側断端と遠位結腸とを端側縫合した。腹腔内を生理食塩水で洗浄した後、開腹部の腹膜と筋層とをあわせて連続縫合し、さらに皮膚を連続縫合した。

Table 2 Composition of the experimental feed

	80°C viscous exudate feed	10°C viscous exudate feed	Control
		(%)	
Dried viscous exudate prepared at 80°C	10	—	—
Dried viscous exudate prepared at 10°C	—	10	—
Glucose	10	10	10
Co-EDTA	20	20	20
Water	60	60	70

③ 実験飼料の経口投与：実験飼料の組成を Table 2 に示した。2.1.1 (1) ①と同様の10°Cあるいは80°C粘性物質乾燥物を各々10%とグルコース10%を含む飼料を10°Cあるいは80°C粘性物質添加飼料とし、粘性物質を添加せずグルコースのみを含む飼料をコントロール飼料とした。いずれにも Co-EDTA (同仁科学研究所) を20%添加した。粘性物質乾燥物添加飼料のみかけの粘度をTV-20形粘度計を用い回転数100rpm, 37°Cで測定した。80°C粘性物質乾燥物添加飼料の粘度は106.4cPであり, 10°C粘性物質乾燥物添加飼料の28.5cPに比べ約3.7倍であった。

手術後6～8日経過したラットを用い, 暗期開始後5時間以上絶食させた後に, 各実験飼料(体重100g当たり1g)をゾンデで胃内に投与した。

④ 測定項目および方法

(血糖値) 実験飼料投与直前(0時間とする), 投与0.5, 1, 2, 4時間後に尾静脈からヘパリン処理した毛細管に採血し, 直ちに遠心分離して血漿を得た。グルコース測定キット(和光純薬工業 グルコースC II-テストワコー)を用いて血糖値を測定した。

(糞重量) 実験飼料投与1, 2, 4, 7, 10, 20時間後に個別ケージ内の糞を採取し, その重量を測定した。

(消化管内容物の滞留時間) 各時間毎に採取した糞のうち約0.3gを用い, 同量の水で2倍に希釈した後, ジエチルエーテル1mlを加えて60分間振とう(300回/分)し, 脂溶性の色素を抽出し

た。遠心分離(10000g×20min)した後, エーテル層を取り除き, 得られた水層について Co-EDTA 水溶液の最大吸収波長(466nm)における吸光度を測定し, 糞中 Co-EDTA 量を求めた。平均滞留時間(MRT)を Thielemans ら¹⁰⁾の計算式 $MRT = \Sigma t_{ci} \Delta t_i / \Sigma c_i \Delta t_i$ (c_i はマーカー投与後経過時間 t_i におけるマーカー濃度, Δt_i は i 番目のサンプリング間隔)により算出した。

(糞中糖量) 糞中 Co-EDTA 量を測定する際に調製した水層を用い, ソモギネルソン法により還元糖を定量し, 糞中に排泄された糖量を求めた。

(2) 結果および考察

実験飼料投与直前の血糖値を0として, 実験飼料投与0.5, 1, 2, 4時間後の血糖値の変化を Fig.8 に示した。3群とも実験飼料投与1時間後に血糖値増加量が最大となり, コントロール飼料を投与したラット(以下, コントロール群とする)が52.8mg/100mlと最も高く, ついで10°C粘性

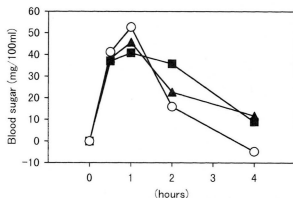


Fig.8 Influence of viscous exudate on the blood sugar level in rats.

Values are means of three rats. ■: 80°C viscous exudate feed group; ▲: 10°C viscous exudate feed group; ○: control group.

物質添加飼料を投与したラット（以下、10℃粘性物質投与群とする）の45.8mg/100ml、80℃粘性物質添加飼料を投与したラット（以下、80℃粘性物質投与群とする）の40.8mg/100mlであった。各群の値に有意差はなかったが、コントロール群に比べて粘性物質投与群の方が低く、グルコースとともにメカブ粘性物質を摂取することにより血糖値の上昇が抑制される可能性が示された。飼料投与2、4時間後は、コントロール群では急激に血糖値増加量が低下したが、80℃粘性物質投与群では血糖値増加量は徐々に低下していた。血糖値の変化を示したグラフの面積を比較すると、コントロール群は98.3、10℃粘性物質投与群は102.3、80℃粘性物質投与群は113.0mg/100ml/4 hoursとなり、各群の値に有意差は認められず、グルコースの総吸収量は3群間で差がないと考えられた。

各実験飼料を摂取したラットにおける糞重量、消化管内容物の平均滞留時間、糞中糖量を Table 3 に示した。糞重量ならびに糞中糖量は、80℃粘性物質投与群が10℃粘性物質投与群やコントロール群に比べて多かったが、有意差は認められなかった。胃と小腸における内容物の平均滞留時間は80℃粘性物質投与群の16.77時間が最も長く、ついで10℃粘性物質投与群の10.61時間、コントロール群の7.01時間であった。80℃粘性物質投与群とコントロール群の間には有意差 ($p < 0.05$) が認められた。一過性の食物繊維の摂取による血糖値上昇抑制の作用機構としては、食物繊維が糖質

の胃から小腸への移行を遅延させる、小腸における糖質の消化吸收を阻害あるいは遅延させるとの2つの機構が考えられている¹¹⁾。本研究においても、胃と小腸における滞留時間はコントロール群に比べて粘性物質投与群の方が長かったことから、メカブ粘性物質の摂取によって内容物の胃における滞留時間が長くなり、急激な血糖値の上昇抑制の要因となっていることが推察された。

一方、血糖値の変化や糞中の糖量から最終的なグルコースの吸収量を推定すると、粘性物質の摂取による影響は認められず、小腸においてグルコースの吸収は阻害されていないと考えられた。しかし、消化や吸収には消化管内における栄養素の攪拌や拡散の速度が大きく影響し、内容物の粘性が高まることによってこれらは抑制されると考えられる。Jenkins ら¹²⁾や Flourie ら¹³⁾は、食物繊維のもつ粘性が高いほどグルコースの腸管吸収に対する阻害効果が大きいのを指摘している。本研究においても、粘度の高い80℃粘性物質投与群の方が、10℃粘性物質投与群に比べて血糖値増加量の最高値が低かったことから、メカブ粘性物質の摂取により消化管内容物の粘度が高まり、小腸におけるグルコースの吸収が遅延された可能性は高い。しかし、最終的なグルコースの吸収量には差がなかったことから、グルコースの吸収を阻害するには至らなかったと考えられる。

ま と め

調理条件がメカブ粘性物質の粘度と溶出成分に

Table 3 Influence of viscous exudate on fecal weight, mean retention time of digestive tract contents in stomach and small intestine and sugar in feces

	80℃ viscous exudate feed group	10℃ viscous exudate feed group	Control group
Fecal weight (g/20h)	5.03 ± 2.40	2.77 ± 0.59	2.44 ± 1.10
Mean retention time (h)	16.77 ± 1.45 ^a	10.61 ± 2.80 ^{ab}	7.01 ± 0.07 ^a
Fecal sugar excretion (mg/20h)	3.17 ± 1.92	2.06 ± 0.58	2.23 ± 1.59

Values are means ± S.E. of four rats.

a, b: Values in the same row not sharing a common superscript differ significantly using Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

及ぼす影響について調べた結果、調製温度が高いほど粘性物質の粘度は高くなり、その要因として溶出物の量の増加ならびに溶出成分の組成変化のいずれもが関与していることが示された。特に、後者の影響が大であり、乾燥メカブを浸漬、攪拌する際の温度が高いほど粘度の高い成分が多く溶出していることが明らかとなった。高速液体クロマトグラフィーにより、粘度変化と高い相関をもつピークが検出されたが、その成分の同定には至らなかった。

調理条件の違いによってもたらされるメカブ粘性物質の粘度の違いが生理作用に及ぼす影響について、10°Cと80°Cで調製した粘度の異なるメカブ粘性物質を試料とし、消化管内における粘性物質の粘度変化ならびにグルコースの吸収に及ぼす影響を調べた。膵液酵素による人工消化実験とブタ盲腸内容物を使ったパッチ培養において、小腸ならびに大腸内における粘度変化を検討した結果、膵液酵素、盲腸内細菌のいずれによっても粘性物質の粘度は低下しなかった。これは10°Cあるいは80°C粘性物質乾燥物を基質としたいずれの場合も同様の結果であり、粘度の高低にかかわらずメカブ粘性物質は消化管内でその粘度を保っていることが推定された。

盲腸・結腸迂回手術を施したラットにメカブ粘性物質とグルコースを同時に摂取させ、血糖値の変化ならびに胃と小腸における内容物の滞留時間を測定した。その結果、グルコースとともに粘性物質を摂取すると血糖値増加量の最高値が低くなる傾向が認められ、内容物の滞留時間は80°C粘性物質投与群、10°C粘性物質投与群、コントロール群の順に長かった。これより、メカブ粘性物質の摂取によって内容物の胃における滞留時間が長くなり、急激な血糖値の上昇抑制の要因となることが推察された。また、10°C粘性物質投与群に比べ80°C粘性物質投与群の方が血糖値増加量の

最高値が低く、滞留時間も長い傾向が認められた。粘性物質の調製条件の違いによって生じた粘度差が血糖上昇抑制効果に影響する可能性が示され、メカブの調理条件は粘性物質の物理化学的性状だけでなくその生理効果と密接に関連すると考えられる。これまで、食物繊維などの生理効果は主に食品より分離、精製された成分で検討されているが、食品に含まれる他の成分との相互作用や調理による物理化学的性状の変化も合わせて検討することが必要であると考ええる。

本研究に対し多額の助成金を賜りました浦上食品・食文化振興財団に心から感謝いたしますとともに貴財団の益々のご発展を祈念申し上げます。

また、本研究を進めるにあたりご指導いただきました岐阜女子大学小川宣子先生に心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 山中なつみ、小川宣子 (1998) メカブより溶出する粘性物質の理化学的特性, 日調科誌, **31**, 2-6
- 2) 武田秀敏, 桐山修八 (1995) 「食物繊維」(印南敏, 桐山修八 編) 第一出版, p.68-71
- 3) Yamanaka, N., Ogawa, N. and Sakata, T. (1995) Poor fermentability of "Mekabu" (sporophyll of *Undaria pinnatifida*) alginic acid in batch culture using pig cecal bacteria, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **41**, 179-185
- 4) Yamanaka, N., Ogawa, N. and Sakata, T. (1996) Influences of sodium alginate extracted from "Mekabu" (sporophyll of *Undaria pinnatifida*) on digestive organs and cecal contents in rats, *Food Sci. Technol., Int.*, **2**, 108-112
- 5) 山中なつみ、小川宣子 (1997) ワカメ成実葉の摂取がラットの消化器官の形態と血漿コレステロール濃度に与える影響, 家政誌, **48**, 1021-1028
- 6) 山中なつみ、小川宣子、片山(須川)洋子 (1998) メカブより溶出する粘性物質の摂取がラットの消化管組織と血漿脂質に与える影響, 日本食物繊維誌, **1**, 7-14
- 7) 西澤一俊 (1983) 「海藻の生化学と利用」(日本水産学会監修) 恒星社厚生閣, p.15-16

- 8) Saito, T., Iso, N., Mizuno, H., Fujii, S. and Suzuki, Y. (1977) Solution properties of sodium alginate from brown seaweeds living along the coast of Japan-I, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 1299-1305
- 9) Kiriya, H., Hariu, Y. and Sakata, T. (1992) Comparison of *in vitro* productivities of short-chain fatty acids and gases from aldoses and the corresponding alcohols by pig cecal bacteria. *J. Nutr. Biochem.*, **3**, 447-451
- 10) Thielemans, M. F., Francois, E., Bodart, C. and Thewis, A. (1978) Mesure du transit gastrointestinal chez le porc a l'aide des radiolanthides. Comparaison avec le mouton., *Annal. Biol. Anim. Biochem. Biophys.*, **18**(2A), 237-247.
- 11) 奥恒行 (1995) 「食物繊維」(印南敏, 桐山修八 編) 第一出版, p.188-192
- 12) Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Leeds, A. R., Gassull, M. A., Haisman, P., Dilawari, J., Goff, D. V., Metz, G. L. and Alberti, K. G. M. M. (1978) Dietary fibers, fibers analogues and glucose tolerance; importance of viscosity. *Br. Med. J.*, **1**, 1392-1394
- 13) Flourie, B., Vidon, N., Florent, C. H. and Bernier, J. J. (1984) Effect of pectin on jejunal glucose absorption and unstirred layer thickness in normal man. *Gut*, **25**, 936-941

Influences of Preparing Conditions on Physicochemical Properties and Physiological Effects of Viscous Exudate of *Mekabu* (Sporophyll of *Undaria pinnatifida*)

Natsumi Yamanaka (Gifu Women's University)

High viscous exudate is prepared by stirring *mekabu* (sporophyll of *Undaria pinnatifida*) after soaking in water. The viscosity of exudates prepared under different temperatures was measured using an E type viscometer. To define the factor of change in its viscosity, the content and viscosity of dry matter of viscous exudate were measured. The viscosity of viscous exudate prepared at 20°C was 4.7 cP, and it increased to 21.8 cP at 80°C. The viscosity of viscous exudate correlated with the content and viscosity of dry matter. It was indicated that the amount of components which maintain a high degree of viscosity at high temperature increased when the temperature of the preparation was raised.

The changes were studied in viscosity of viscous exudate in *in vitro* digestion by pancreatin and in batch culture using pig cecal bacteria. The viscous exudate was partially hydrolyzed by pancreatin, and the amount of reducing sugar increased, but its viscosity did not decline. No microbial degradation of viscous exudate in batch culture occurred. Thus, the viscous exudate of *mekabu* might keep its viscosity in small and large intestines. These results did not vary between viscous exudates prepared at 10°C and 80°C.

To elucidate the effect of ingesting the viscous exudate of *mekabu* on digestive absorption, the absorption of glucose in rats was investigated. A solution containing 10% dried viscous exudate and 10% glucose was administered orally to rats which had undergone ceco-colonic bypass surgery. It was found that the maximum blood sugar levels tended to be lower in the rats which had received the feed with viscous exudate than in those in a control group, suggesting that the ingestion of viscous exudate together with glucose suppressed the maximum blood sugar level. The mean retention time of the digestive tract contents in the stomach and small intestine was longer in the group administered feed containing viscous exudate than in the control group. The movement of the contents from the stomach to the small intestine was delayed, which is presumed to be the cause of the suppressed rise in blood sugar level. Rats given the feed containing the viscous exudate prepared at 80°C, which had a higher viscosity, had lower maximum blood sugar levels than rats ingesting the feed containing 10°C viscous exudate. The mean retention time of the digestive tract contents was also longer. These results suggested that the temperature of preparation affect the physiological effect of viscous exudate.