

平成 27 年度

神戸女子大学大学院家政学研究科

修士論文要旨

小学生の食生活・生活習慣について

—咀嚼の重要性—

博士前期課程（食物栄養学専攻）平郡 玲子

【背景・目的】

近年、調理加工技術の発達や女性の社会進出とともに、調理済み加工食品の利用頻度が増加している。調理済み加工食品やファーストフードの食品は軟らかく調理されており、咀嚼回数が少なくなることが報告されている。咀嚼は食べ物を噛み砕き、唾液分泌を促進し消化に働くだけでなく、脳内血流を増加させて脳を活性化したり、肥満防止や精神安定につながることを報告されている。日本小児歯科学会では、「噛んで食べる」ために必要な口腔機能の発達と食べ方についてライフステージ別にまとめているが、学齢期（小学生・中学生）においては、歯と口の役割および噛むことの大切さを学習することが重要であるとしている。よく噛むことは口腔機能の発達だけでなく、その後の味覚にも関わる重要なこととされているが、「噛まない」「噛めない」などの食行動上の問題が社会的関心事となっている。本研究では、咀嚼教育プログラム構築のための基礎資料を得ることを目的として、小学校高学年児童を対象に質問紙調査を行い、咀嚼意識・行動に影響を及ぼす食生活・生活習慣と、咀嚼意識・行動が学習や精神の安定に影響しているかについて検討した。

【方 法】

小学5, 6年生を対象に食生活・生活習慣に関する質問紙調査を行い、アンケートの回答に欠損値がない592名を対象に解析を行った。質問項目は食物摂取頻度についての項目(14項目)、食生活に関する内容を含む生活習慣についての項目(33項目)を用いた。食物摂取頻度は1週間のうちにどのくらいの頻度で食べるかを「いつも(6~7回)」「よくある(4~5回)」「ときどきある(2~3回)」「ほとんどない(0~1回)」の4段階で回答させた。生活習慣は1週間のうちにどのくらいの頻度で行うか、あるいは質問に対してどのくらいあてはまるかを4件法で回答させた。質問項目について関連し合う潜在的因子を探索するために探索的因子分析を行い、咀嚼意識、咀嚼行動と抽出された因子との関連、学習に関する項目、情緒に関する項目との関連について、 χ^2 検定を用いて検討した。さらに、咀嚼意識・行動に影響を及ぼす食生活・生活習慣と、咀嚼意識・行動が学習や精神の安定に影響しているかについて検討するために共分散構造分析を行った。統計処理はIBM SPSS Statistics21, IBM SPSS Amos20を使用し、有意水準は5%とした。なお、本研究は神戸女子大学ヒト研究倫理委員会の承認(承認番号:H22-8)を得たのち、調査担当者がクラス担任、栄養教諭とともに対象者へ調査の趣旨および方法を説明して協力を求め、保護者からは文書による同意を得て実施した。

【結果・考察】

噛む回数を意識しているかについて「意識している」割合は 39.7%，食事の時はしっかり噛んで食べるかについて「噛んでいる」割合は 73.3%であった。探索的因子分析により「間食外食の抑制」「野菜果物摂取頻度」「調理への関心」「スポーツを楽しむ」の4因子が抽出された。これらの因子，学習に関する項目，情緒に関する項目と咀嚼意識，咀嚼行動との関連を検討したところ，「野菜果物摂取頻度」「調理への関心」「授業中集中している」「自分に良いところがある」「イライラしない」などとの関連がみられた。咀嚼意識・行動と食生活・生活習慣との相互の関係性について，共分散構造分析を用いて明らかにした。潜在変数として食への興味，咀嚼意識・行動，精神の健康，学習態度意欲において，咀嚼意識・行動には食への興味と間食外食の抑制を直接関連させた。また，精神の健康には咀嚼意識・行動と間食外食の抑制を，学習態度意欲には精神の健康を直接関連させた因果モデルを構築した。その結果，このモデルは統計学的に受容できることが確認された ($\chi^2=29.444$, $df=22$, $p=0.133$, 適合度指標 $GFI=0.990$, $AGFI=0.979$, $RMSEA=0.024$, パスはすべて有意)。咀嚼意識・行動は「食への興味」「間食外食の抑制」から影響を受けており (パス係数 0.74, 0.11)，決定係数は 0.56 であった。精神の健康は「咀嚼意識・行動」「間食外食の抑制」から影響を受けており (パス係数 0.51, 0.39)，決定係数は 0.46 であった。学習態度意欲は「精神の健康」から影響を受けており (パス係数 0.68)，決定係数は 0.46 であった。以上より，咀嚼意識・行動へは食への興味と間食外食の抑制が影響を及ぼすことが示された。また，咀嚼意識・行動は精神の健康に影響し，これを介して学習意欲態度につながることを示唆された。

【結論】

小学校高学年児童において咀嚼意識・行動を高めるためには食に対する興味を持つことが重要であることが示唆された。咀嚼意識・行動は精神的安定や自己肯定感に影響を与え，さらに学習態度意欲向上にもつながる可能性があることが示唆された。

糖尿病モデルマウス (KK- A^y) における 紅参・カルニチン投与と運動負荷の影響

博士前期課程 (食物栄養専攻) 仲 亜紀子

【目的】

2 型糖尿病モデルマウス (KK- A^y) における紅参 (食品応用生薬) 及びカルニチン (天然由来の食材より抽出) の各素材の経口投与と運動負荷による糖尿病の病態改善効果について検討することを目的とした。

【方法】

6 週齢雄性 KK- A^y マウスを非運動群と運動群に分けた。これらを更に対照群, 紅参群 (紅参エキス: 0.23 g/kg 体重), カルニチン群 (L- カルニチン酒石酸塩: 0.2 g/kg 体重), 及び Mix 群 (紅参エキス+L- カルニチン酒石酸塩混合: 0.23 g/kg+0.2 g/kg 体重) に分け, いずれのマウスも個別飼育し, 高脂肪食 (20%ラード食: 脂質エネルギー比 42%) を自由に摂取させた (各群 10~15 匹)。運動群については実験終了時までマウス用自発運動ケージ内で飼育した。上記投与量の紅参あるいはカルニチンは 0.5%メチルセルロース溶液に溶解させ, 6 週齢から 14 週齢まで経口ゾンデを用いてマウスに週 6 回与えた。実験期間中, 週 1 回, 定時に摂食量及び随時血糖値の測定を行い, 13 週齢時には糖負荷試験を行った。飼育期間終了時 (14 週齢時) には, 麻酔下で尾静脈採血により HbA1c 濃度, その後, 腹部大動脈より全採血 (ヘパリン加) し, 臓器を摘出, 剖検を行い, 採取した血液は血液生化学性状の分析に供した。

【結果および考察】

運動を負荷した全ての群のマウスの体重は, 対照群も含め, 非運動群に比して減少し, 同様に腹腔内総脂肪量も全ての群で有意に減少した。肝脂肪量も運動によって減少し, 同様に随時血糖値も低下した。糖負荷試験では, 運動群の血糖値の上昇は非運動群におけるよりも穏やかであり, 運動群と非運動群間に有意差を認めた。HbA1c 値は運動を負荷した全ての群で非運動群におけるよりも有意に低下した。総コレステロール濃度, 中性脂肪濃度, 血糖値, 及びアルブミン濃度も運動によって減少した。インスリン抵抗性の指標である HOMA-R 値も運動負荷により低値を示した。又, カルニチン単独投与あるいは紅参・カルニチン混合投与では, 非運動群・運動群いずれにおいても, 耐糖能改善あるいは血糖上昇抑制効果が観察されたが, 運動との相乗効果はみられなかった。

以上の結果より, 運動を負荷した糖尿病モデルマウスにおいて, 抗糖尿病作用を認めた。先行研究において紅参は, 血管拡張作用¹⁾, インスリン様作用²⁾ が知られており, カルニ

チンは、脂質代謝改善効果³⁾が報告されている。しかしながら、紅参・カルニチンの投与の有無と自由運動の負荷による糖尿病の病態改善効果⁴⁾に対する相乗効果は認められなかった。

【まとめ】

本実験では、糖尿病モデルマウスにおける運動効果は認められたものの、紅参やカルニチン摂取と運動負荷の相乗効果は認められなかった。

参考文献

- 1) 高橋邦夫：ホノミ漢方会報, No.446, 劑盛堂薬品株式会社, 4-38, 2004.
- 2) Ye Xiong, Ling Shen, Kristina J. Liu : Antiobesity and Antihyperglycemic Effects of Ginsenoside Rb1 in Rats. *Diabetes*. 59(10): 2505–2512, 2010.
- 3) 古市泰郎, 増田和実：骨格筋エネルギー代謝におけるカルニチントランスポーターの役割, *体力科学* 61 (3) 289-296, 2012.
- 4) 井垣誠, 谷勝茂, 本田寛人, 他：運動療法の頻度は肥満を持つ生活習慣病患者のインスリン抵抗性改善効果に影響する, *理学療法科学* 29 (2) : 301-307, 2014.

粘性食品（がごめ昆布）を用いたグルテンフリーパンの製造研究

博士課程前期（食物栄養学専攻）井関 杏子

【目的】

小麦粉中のタンパク質であるグルテンは独特の粘弾性を有し、パンの膨化に重要な働きをしている。しかし、グルテンに起因する自己免疫疾患であるセリアック病が近年、欧米を中心にひろがっており、グルテンフリー食品が広く求められるようになってきた。そこで本研究は、グルテンの代替粘性食材として粘性の大きながごめ昆布を用い、セリアック病患者のためのグルテンフリーパンの製造研究を進めた。また、がごめ昆布中の粘性成分には、多糖類であるフコイダン、アルギン酸等が考えられるが、このうちどのような多糖類ががごめ昆布によるグルテンフリーパンの製パン性と関係しているか検討を行った。

【方法】

がごめ昆布 (*Kjellmaniella crassifolia* Miyabe) は市販のものを水洗、凍結乾燥後、粉碎して用いた。製パン試験は、がごめ昆布粉末 300mg、小麦デンプン 30.5g、砂糖 8.86g、生イースト 10g、水 22mL を混合しパン生地を調製し、40°C の恒温器中で 20 分間発酵を行い、210°C のオーブン中で 10 分間ベーキングを行った。がごめ昆布の各種処理試験として、ペプシンによるタンパク質除去処理、脱脂処理、オートクレーブ処理を行った。がごめ昆布の分画実験として、がごめ昆布粉末を室温で水に懸濁し、遠心分離後、上清、沈殿区分に分画した。上清区分は 10 L の水に透析し、透析内液 (HMW 区分)、外液 (LMW 区分) に分画し、それぞれのサンプルを用いた製パン試験を行った。また、LMW 区分はピリジン-ブタノール-水 (4 : 6 : 3) 上昇二重展開のペーパークロマトグラフィー (PPC) を行い、AHP (アニリンヒドロゲートフタレート)、ニンヒドリン発色試験を行った。がごめ昆布からの各種多糖類の抽出試験として、がごめ昆布粉末を 0.1M HCl で処理し、遠心分離後中和し、その上清区分をフコイダン区分、沈殿区分をアルギン酸区分とし、それぞれ製パン試験を行った。

【結果・考察】

がごめ昆布粉末 300mg、加水量は 22mL の条件下で製パン試験を行うと高い製パン性（パン高 79.6mm、比容積 6.89cm³/g）が得られた。ガゴメ昆布の各種処理試験より、製パン性に脂質、タンパク質の影響は認められず、オートクレーブにより粘性が低下し、製パン性が失われたことから、製パン性に関与する成分はがごめ昆布の粘性の主成分である多糖類であることが示唆された。また、分画試験から上清区分において高い粘性を示し、がごめ

昆布粉末と同様の製パン結果が得られ、特に HMW 区分において製パン性が認められたことから、製パン性に関与する粘性は多糖類のみによって構成されていることが推察された。分画したフコイダン区分とアルギン酸区分の製パン試験の結果、フコイダン区分、アルギン酸区分の両方で製パン性が認められた（フコイダン区分はパン高 53.9mm、比容積 3.49cm³、アルギン酸区分はパン高 55.5mm、比容積 3.98cm³であった）。このことから、製パン性に関与するがごめ昆布の粘性成分はフコイダンとアルギン酸によるものであることが示唆された。

【結 論】

がごめ昆布を用いたグルテンフリーパンの製造は可能であり、その製パン性に関与する成分はフコイダンとアルギン酸の両方によるものであると考えられる。

低タンパク食投与によるラットの 胎生期低栄養における脂質代謝に関する研究

博士前期課程（食物栄養学専攻）江口 愛

【目 的】

低栄養は発展途上国のみの問題ではなく、先進国でも若年女性の痩せ願望に起因した低栄養が問題視されている。今日、胎生期の低栄養が生活習慣病の増加の一端を担っている（胎生期発症仮説：DOHaD:Development Origins of Health and Disease¹⁾²⁾³⁾）という可能性が指摘されている。

本実験では、低タンパク質食（7%カゼイン食：Lp）又は標準タンパク質食（20%カゼイン食：Std）で飼育した母獣より出生した仔獣をさらにそれぞれ Lp 群と Std 群に分けて飼育し、胎生期並びに出生以降の栄養状態が仔獣の生理状態、特に脂質代謝に与える影響について検討することを目的とした。

【方 法】

雄雌 Wistar 系ラットを Std 群（雄 3 匹、雌 3 匹）、Lp 群（雄 4 匹、雌 4 匹）の 2 群に分類して 5 週齢時より実験食を投与し、メーティングは 8 週齢時より開始した。生まれた仔獣は Std 群では 3 週齢、Lp 群では 6 週齢時に離乳させ、Std 群仔獣 Std 食投与群（SS）、Std 群仔獣 Lp 食投与群（SL）、Lp 群仔獣 Lp 食投与群（LL）、Lp 群仔獣 Std 食飼育群（LS）に分け、全て個別飼育した。約 14 週齢時に麻酔下で全採血・剖検を行い、体脂肪蓄積（腹腔内脂肪、肝脂肪）を含めて生理学的性状の観察の他、血液分析等を行った。摘出した肝臓については HE 染色後、画像解析ソフトを用いて肝脂肪蓄積状態の観察を行った。

【結 果】

体重は LL 群で低値を示し、14 週齢でも約 50g で、他群と比較して成長の著しい遅れがみられた。臓器重量は LL 群で他群と比較して非常に低値を示したが、体重 100g あたりの比体重値でみると特に心臓、腎臓、肝臓などの主要臓器ではむしろ高値であった。血液性状においては、T-cho では SS 群と比較して他の 3 群で高い傾向を示した。TG は他群と比較して LL 群で低値を示した。これらの動物の一部について血液流動性試験を検討したところ、他の 3 群に比較して LS 群で遅延傾向が観察された。腹腔内脂肪量は SS>SL>LS>LL となり、低タンパク質食投与群仔獣は標準タンパク質食投与群仔獣と比較して低値を示した。肝脂肪蓄積量及び肝脂肪面積については、雄ラットでは LL 群で著しく増加し、LS 群では肝脂肪の減少を確認した。

【考 察】

本検討によって作成した胎生期低栄養モデル動物（LL 群、LS 群）を用いてその生理学的性状を標準タンパク質食仔獣ラットの 2 群（SS 群、SL 群）と比較・検討をした。同じ低タンパク食で飼育されていても、低タンパク質食群 2 代目動物（LL 群）では、離乳後から低

タンパク質食が投与されただけの SL 群よりも著しい成長の遅れがみられ、胎生期からの低タンパク質の影響が非常に大きい結果となった。肝脂肪蓄積量は LL 群において雄ラットで多い傾向を示し、脂質代謝障害を示唆する結果となった。LS 群ではこのような傾向はほとんど観察されず、標準タンパク質食投与による脂質代謝の回復傾向がみられた。しかしながら成長スピードがその後の寿命に影響を及ぼすと考えられるので⁴⁵⁾、今後さらなる検討が必要である。今回の検討では胎生期低栄養が 2 代目動物の低タンパク栄養で、成長、肝脂肪等に大きな影響がみられたが、胎生期低栄養に標準タンパク質食を与える事による DOHaD 説で見られるような影響は観察されなかった。理由として、標準タンパク質食を投与したことが原因と考えている。胎生期低栄養の影響をメタボリックシンドロームモデルとして検討するなら高タンパク質食あるいは高脂肪食でも調べてみる必要があったと考えている。

【引用文献】

- 1) 福岡秀興:新しい成人病(生活習慣病)の発症概念—成人病胎児期発症説—京都医大誌 : Jul, 118(8), 501-514, 2009.
- 2) Barker, D.J. : The origins of developmental origins theory. *J Intern Med*, 261, 421-427, 2007.
- 3) Gluckman, P.D., Hanson, M.A. : Developmental origins of disease paradigm: a mechanistic and evolutionary perspective. *Pediatr.Res.*, 56(3) : 311-317 2004.
- 4) 梶原苗美, 藤田文女, 田淵りつこ他 : 低蛋白食累代ラットにおける成長と寿命 必須アミノ酸研究, 10-13, 117, 1998.
- 5) Tim, Burton., Neil, B.M. : Can environmental conditions experienced in early life influence future generations?, *The royal society*, 2014.

温州みかん搾汁残渣のヒトへの応用について

博士前期課程（食物栄養学専攻）小松 百里香

【目的・背景】

果実をジュース等に加工した際の搾汁残渣は、家畜の餌や肥料等にしか利用されていない。しかし、搾汁残渣には食物繊維やポリフェノールといった健康増進効果を持つ物質が含まれている。そこで、温州みかん搾汁残渣に着目して、搾汁残渣の熱水抽出物を作製し、その凍結乾燥標品を3%含む飼料で4週間ラットの飼育実験を行ったところ、盲腸内物中に *Bifidobacteria* の増加を認めた。そこで、ヒトに対する摂取実験として温州みかん搾汁残渣熱水抽出物粉末を被験者に摂取してもらい糞便中の *Bifidobacteria* をはじめとする菌数の変動を培養法により検討した。

【方法】

A 大学に通う通院や投薬による治療を受けていない健康な女子大学生を対象とした。実験方法を説明後、自由意志による参加同意を得た15人を被験者として実験を実施した。ヒトを対象とする研究のため、あらかじめ神戸女子大学人間を対象とする研究倫理委員会の承認を得た。温州みかん搾汁残渣を121°C30分で熱水抽出し、凍結乾燥した粉末を試料とした。オブラートに包み1日2g摂取とした。セルロースをプラセボに用い、単盲検クロスオーバー試験とした。試験スケジュールは観察期、プラセボを摂取する摂取第1期、何も摂取しない休止期、温州みかん搾汁残渣熱水抽出物を摂取する摂取第2期で、各期間は4週間とした。各期間の最終週の採便と全期間を通じ、食事日誌、排便日誌の記録、乳酸菌由来もしくは整腸作用のある食品の摂取の禁止を実施した。培養法による *Bifidobacteria*、*Lactobacilli*、*Clostridia*、*Enterobacteriaceae* の菌数の測定、糞便中のアンモニア、短鎖脂肪酸の測定を実施した。

【結果】

15名の結果では、*Clostridia*、*Enterobacteriaceae*、*Bifidobacteria*、*Lactobacilli* 全てについて観察期と比較してセルロース摂取、温州みかん搾汁残渣摂取による有意な結果は得られなかった。観察期で菌数が少ない人は菌数が多い人に比べて、腸内細菌叢に影響を受けやすいのではないかと推察し *Lactobacilli* の菌数に着目し、観察期の *Lactobacilli* の菌数が少ないグループ A（中央値 9.3 log CFU 未満）と多いグループ B (9.3 log CFU 以上)に分けて比較を行った。グループ A では観察期と比較して温州みかん搾汁残渣摂取により *Lactobacilli* の有意な増加が見られた。一方、グループ B では菌数の変動は認められなかった。また、排便状況や、糞便中アンモニアおよび短鎖脂肪酸の変動はなかった。

【考察・今後の課題】

観察期において *Lactobacilli* の菌数が少ないグループ A で温州みかん搾汁残渣摂取による *Lactobacilli* の有意な増加は認められたが、他の菌数は大きく変動しなかった。グループ

Bでは測定した全ての菌で有意な変動は見られなかった。温州みかん搾汁残渣摂取量を2g/日としたため、腸内細菌叢に影響を及ぼすには少量であり、温州みかん搾汁残渣摂取量を増やせば腸内細菌叢に影響しやすいと推測する。今後は温州みかん搾汁残渣の摂取量を増加させて、各菌の菌数および排便状況、糞便中アンモニア、短鎖脂肪酸含量を分析し人体での温州みかん搾汁残渣摂取による影響を検討し続けていく。被験者の人員を増員することでデータを蓄積し温州みかん搾汁残渣による腸内環境改善効果をさらに見出すことができれば温州みかん搾汁残渣のヒトへの積極的な利用が期待される。

季節によるエネルギー代謝・食生活・生活習慣の変化と 体組成の変動について

博士前期課程（食物栄養学専攻）下中 里恵

【背景・目的】

基礎代謝は冬に高く、夏に低いという季節変化があることが知られている。また、エネルギー摂取も季節変化し、寒冷環境下では摂取カロリーを増やして熱産生を促進させ、寒冷適応するといわれている。体組成では寒冷適応により、防熱効果のある皮下脂肪が冬に増加し、夏に減少する。

このように基礎代謝やエネルギー摂取、体組成は季節により変化するが、これらを同時に取り扱った報告はほとんどない。そこで、本研究は同一被験者における、現代の若年女性の安静時エネルギー代謝および体組成の季節変化を調べるとともに、生活活動量や運動量、食生活・生活習慣との関連について調べた。

【方 法】

女子大学生 28 人(20・23 歳)を対象として、2014 年 1 月～11 月に調査・測定を行った。基礎体温を毎朝、測定して、性ホルモンの影響のない低温期に調査・測定を行った。安静時エネルギー代謝量 (Resting metabolic rate: RMR) はメタボリックアナライザー (MedGem+) を用いて、身体活動量はライフコーダ(GS)を用いて、体重、体組成は Inbody 720 を用いて測定した。食事調査は 3 日間の秤量記録法で行い、エクセル栄養君 Ver.6.0 を用いてエネルギー・栄養素摂取量を計算した。心身の状態として抑うつ尺度を The Center for Epidemiologic Studies Depression (CES-D) により測った。統計処理には SPSS Ver. 21 を用い、有意水準は 5%未満とした。なお、本研究は神戸女子大学ヒト研究倫理委員会(人間を対象とする研究倫理委員会)の承認 (H25-23) を得たのち、対象者に研究の目的、方法等を説明し、同意を得られた者について実施した。

【結果・考察】

安静時エネルギー代謝 (RMR) は体重当たり、除脂肪量 (LBM) 当たりでも冬に最も高く、春、夏に低下し、特に夏には有意であった。RMR (kcal/ kg LBM/ day) の冬から夏の低下率は約 20 %だった。この変化は気温に従う変化であり、冬には寒冷適応して高くなるのだろう。

エネルギー摂取量は冬から春、夏に有意に減少し、有意差はないものの秋に増加傾向を示し、冬から夏の低下率は約 26 %だった。

体重は冬、春が最も重く、夏になると減少し、秋まで続いた。冬から夏の体重の減少は、身体活動量、運動量には変化がなかったため、エネルギー摂取の減少によるものだと考えられる。体組成では、体脂肪量・率は冬から夏に有意に減少し、特に左腕、体幹の体脂肪量の減少が大きかった。体脂肪は断熱作用があることから冬に蓄積が起こり、増加することは体温を逃がさない気温適応として合理的なことである。一方、筋肉量、特に下肢筋は身体活動量が増加した春に増加した。したがって、筋肉量は気温よりむしろ身体活動に関連があることが推察された。

抑うつ尺度の CES-D は合計得点が 16 点以上であれば、抑うつ傾向があるとされている。CES-D の得点には季節間の差が見られず、日照時間との関連は見られなかった。しかし、いずれの季節においても 16 点以上の抑うつの人が 40 - 50% で、対象者は抑うつ傾向が高かった。

【結 論】

室内環境温度が快適化した現代でも、RMR は冬は高く、夏は低いという季節変化がみられ、その低下率は約 20 % だった。エネルギー代謝の変化と同様に、エネルギー摂取も冬から夏に約 26 % 低下し、エネルギー消費の低下よりも大きかった。エネルギー摂取と消費はともに季節変化するが、変化の結果として、また、気候への適応として体重や体組成の変化が見られた。体組成の中でも体脂肪では気温の低い冬では多く、夏では少なく、季節による変化が見られたが、筋肉量は季節よりむしろ活動量との関連が見られた。

エネルギー消費やエネルギー摂取が季節変化し、活動量の変化とともに体重・体組成も変化することがわかった。したがって、季節変化を考慮したエネルギー・栄養素摂取量の基準や、それに基づいた栄養指導や教育が必要になるかもしれない。

スポーツ貧血予防に向けたヘム鉄サプリメント摂取の影響

博士課程前期（食物栄養学専攻）末長 佳奈

【目的】

本研究では、まず思春期の女子サッカー選手の貧血の有無と月経周期を把握するため、ヘモグロビン（Hb）推定値測定、月経周期調査を行った。次に思春期サッカー選手のスポーツ貧血予防を目的として、Hb 推定値と身体測定、体組成を測定した。また、Hb 生成に必要な栄養素摂取充足について食事調査を行うとともに、疲労感などの気分の変化について気分プロフィール検査(POMS)を行い、ヘム鉄サプリメントを摂取させることによる影響を男女別に検討した。

【方法】

Hb 推定値と月経との関連調査：対象は兵庫県 H 高校女子サッカー部員 38 名。月経周期調査、Hb 推定値測定、身体測定、体組成の測定を実施した。貧血の指標は Hb 推定値 12 g/dL 未満を目安とした¹⁾⁻³⁾。

ヘム鉄サプリメント摂取による Hb 推定値・体組成・栄養素摂取量・気分との比較：対象は高校サッカー部に所属し、研究の目的と内容を説明し同意が得られ、食事調査、エネルギー消費量調査、Hb 推定値測定、体組成の測定、気分プロフィール検査(POMS)ができた男子部員 32 名（京都府 K 高校）、女子部員 20 名（兵庫県 H 高校）。ヘム鉄サプリメント摂取群と非摂取群に分け、検討を行った。摂取群には 7 月よりヘム鉄サプリメント 1 粒（鉄 3.5 mg 含有）を 3 ヶ月間夕食後に摂取させた。両群とも介入前後に食事調査、エネルギー消費量調査、Hb 推定値測定、身体測定、体組成の測定、気分プロフィール検査(POMS)を行った。

尚、本研究は、神戸女子大学人間を対象とする研究倫理委員会（承認番号 H27-7、H27-17）の倫理審査承認を得て実施した。

【結果及び考察】

今回、Hb 推定値が正常な選手においては月経周期が正常である割合が多く、貧血の選手では月経周期に何らかの異常を持っている選手の割合が多い傾向を確認した。運動に伴う身体的、精神的ストレスが月経異常に繋がるとの報告⁴⁾があるように、貧血による身体的疲労が性周期に関与するホルモンのバランスの乱れに繋がり月経障害に繋がるのではないかと考える。今後追跡して検討を行っていく必要がある。

ヘム鉄サプリメント摂取による検討では、男子ではヘム鉄サプリメント非摂取群は Hb 推定値が介入後に低下傾向を示したが、摂取群では介入前後で Hb 推定値に大きな変化がなかった。従って、ヘム鉄サプリメント摂取によって Hb 濃度が維持された可能性が示唆される。女子では、男子に見られた Hb 推定値への影響は観察されなかったため、今後ヘム鉄サ

プリメントの摂取量の検討が必要ではないかと考えている。

【まとめ】

本研究では、**Hb** 推定値が正常な選手においては月経周期が正常である割合が多く、貧血の選手では月経周期に何らかの異常を持っている選手の割合が多い傾向を確認した。

また、男子部員においては **Hb** 推定値の維持にヘム鉄サプリメントの有効性が示唆されたが、女子部員ではヘム鉄サプリメントの摂取量の更なる検討が必要であると考え。今後の課題として、ヘム鉄サプリメントの摂取量を男女別に検討し設定することが必要であると考え。

【引用文献】

- 1) 赤間高雄: スポーツ選手の貧血の治療に関する一考察. 日本臨床スポーツ医学, 12(5), 579-582, 1995.
- 2) 坂本静男: 貧血. 臨床スポーツ医学, 26, 148-152, 2009.
- 3) 川野因: スポーツ貧血. 臨床スポーツ医学, 26, 184-189, 2009.
- 4) 鳥居俊: 月経障害. 臨床スポーツ医学, 26, 198-203, 2009.

食品応用生薬と漢方生薬の併用が SHR ラットの血液流動性に及ぼす影響

博士前期課程（食物栄養学専攻）中 惇美

【目的】

高血圧は生活習慣病の一つであり、現代人の死因第4位¹⁾である脳血管疾患の原因でもある。また、血液流動性の低下も高血圧を誘発し、脳血管疾患を引き起こす要因となる。当研究室では、これまで種々の食品応用生薬が病態モデル動物の血液粘度（血液流動性）に与える影響について検討を重ねてきた。本実験では、食品応用生薬の紅参と、漢方生薬の当帰、川芎、釣藤鉤を用いて、高血圧自然発症ラット（SHR）の血液流動性への影響を単味（単独）投与及び併用投与で比較し、検討することを目的とした。

【方法】

雄性 SHR（高血圧自然発症ラット）を購入し、1週間の予備飼育後、コントロール群には20%カゼイン食を与えた。被験試料の投与量は各群の動物の週ごとの平均体重及び平均摂食量から算出した。漢方生薬の単味投与は、1 g / kg b.w.、2種類の併用投与は、生薬エキス各 750 mg / kg b.w.、3種類の併用投与は生薬エキス各 500 mg / kg b.w.となるように20%カゼイン食に混合し投与した（当帰群、川芎群、紅参群、釣藤鉤群、当帰+川芎群、紅参+釣藤鉤群、紅参+当帰+川芎群）。各群に、これらの食餌を1%食塩水と共に自由摂取させ4週間飼育した。体重及び摂食量、血圧（非観血式自動血圧測定装置 BP-98A-L:株式会社ソフtron）の測定を週1回行った。実験食投与期間終了後、麻酔下で腹部大動脈より採血し、血液流動性測定装置（BWA-MC-FAN basic Ak-II型：株式会社菊池マイクロテクノロジー研究所）を用いて、10%ヘパリン加全血 100 μ l を流路に流し、モニターで観察しながらその通過時間の測定によって血液流動性を評価した。一般血液性状、血液生化学性状、一酸化窒素濃度、腹腔内脂肪蓄積の分布等を調べた。

【結果・考察】

平均体重、平均摂食量で統計学的な有意な差はみられず、臓器重量も各群で差はなかったことから今回の各生薬エキスの投与濃度では生理的毒性はみられなかったと考えられる。また、10週齢時における収縮期血圧および拡張期血圧はコントロール群に比べて有意な差はなかったが、コントロール群に比べ各添加食群で低値を示した。一方、高血圧症の漢方生薬として処方されている当帰、川芎、釣藤鉤を含む処方 SHR ラットに対して血圧上昇抑制作用及び降圧作用を示す²⁾との報告もある。これは SHR ラットの血圧は7~15週齢で100%の個体が高血圧を発症すると言われており、今回の結果は6~10週齢時と血圧の上昇途中であったために、各生薬に血圧降下作用は確認できなかったと考える。MC-FAN法による血液流動性の検討結果は、各添加食群間での有意差はみられたがコントロール群

とは有意な差は認められなかった。すなわち、全血 25 μ l が流路を通過した時間で比較すると、当帰エキス、川芎エキス添加群は流動性の亢進（通過時間の短縮）がみられ、釣藤鈎エキス添加群では、通過時間の遅延が観察された。この傾向は 25~100 μ l の全血通過時間を通して観察することができた。特に血液流動性亢進作用が観察できた生薬の川芎には、血小板凝集抑制作用や、血液粘度低下作用が報告³⁾されており、これらに起因して血液流動性が亢進した可能性もある。また、血清中の総コレステロール値、HDL コレステロール値および中性脂肪値で各群間に有意な差はみられなかったものの、総コレステロール値、HDL コレステロール値は血液流動性の亢進を示した当帰群、川芎群、当帰+川芎群、紅参+当帰+川芎群で低い値を示し、紅参群、釣藤鈎群、紅参+釣藤鈎群では高い値を示したことから、血液流動性には血中コレステロール濃度と関係が深いことが示唆された。

【引用文献】

- 1) 厚生労働省, 平成 26 年 (2014) 人口動態統計の年間推計, 2014 年, (引用日: 2015 年 12 月 15 日.) <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/suikei14/dl/gaiyou.pdf>
- 2) 清水雅良、井保田尋美、小山内康夫 他, シャクナゲヨウなどからなる生薬配合製剤および七物降下湯製剤の単独投与、ならびに利尿作用を有する生薬との併用投与による高血圧自然発症ラット (SHR) の血圧上昇抑制作用及び血圧低下作用, *Oyo Yakuri Pharmacometrics*, 68(3/4), 89-101, 2005
- 3) 内藤 崇、久保田 潔、下田由美 他, 中国産川芎成分の血管収縮及び血液粘度に対する作用, *Natural Medicines*, 49(3), 288-292, 1995

米デンプン粒のエイジングまたは乾熱処理による疎水化と米粉パンの製パン性の関係についての研究

博士前期課程（食物栄養学専攻）中川 真理子

【目的】

米粉にグルテンをブレンドした製パンが広く行われている。このとき長期間貯蔵した米粉に新鮮グルテンをブレンドして製パン試験を行うと、製パン性（パン高，比容積）の低下することが認められた。その原因を調べるために、米粉を長期貯蔵（15℃または 35℃），あるいは乾熱（120℃）の各処理を行い，それらの製パン試験結果を検討する。同時に貯蔵，あるいは乾熱処理で生じる米粉の疎水化は液状油を用いたオイル吸着試験で調べる。さらに，乾熱処理した米粉のグルテンに与える影響についてミキソグラフを用いて検討する。DDD（6,6'-dihydroxy-2, 2' - dinaphthyl disulfide）を用いて，乾熱処理米粉タンパク質表面の SH 基を染色し，米粉の疎水性との関連を調べる。これらをもとに貯蔵米粉でも新鮮グルテンとブレンドして，優れた米粉パンを作ることができるかを研究目的とした。

【方法】

金属製バット(25×34×3cm)に2品種の米粉(ミズホチカラ，あきまさり)をそれぞれ厚さ0.5–1.0cmになるように広げ，長期貯蔵(15℃と35℃で各々0–9ヶ月間)，及び乾熱(120℃，0–120分間)処理を行った。製パン試験は以下のように行った。米粉184.9g，新鮮グルテン32.6g，砂糖10.9g，食塩2.2gの混合物に生イースト6.5g，水163.1mLを加え，25分間ミキシングした。次にできたパンドウを120gに分割，成型した後，10分間ベンチタイムした。その後モルダーに通し，38℃恒温槽で70分間の発酵を行い，オーブン(210℃)中で30分間焼成した。パン高(mm)，比容積(cm³/g)から製パン性を評価した。米粉の疎水化測定は，目盛り付きの試験管に米粉2g，水20mL，液状油4mLを加え，ボルテックスを用いて70秒間激しく攪拌して生じた米粉と液状油の沈殿物の量を測定した。米粉のペプシン処理はpH2の塩酸溶液120mLに米粉(3.0g)とペプシン(0.3, 0.6, 1.0, 3.0mg)を入れ37℃で60分間攪拌後，遠心分離し上澄みを捨てる。さらに蒸留水(120mL)を加え攪拌し，遠心分離を行う。上澄みがpH7になるまでこの作業を行い(10回)，その後室温で乾燥した。アルカリ処理は米粉250gに0.2%水酸化ナトリウム水溶液を加え，室温で1時間攪拌後，遠心分離し上澄みを捨てる。この作業を5回繰り返す。次に蒸留水を加え攪拌し，遠心分離する。上澄みがpH7になるまでこの作業を行い，その後米粉をバッドに広げ室温で乾燥した。ミキソグラフ試験は米粉(8.5g)，グルテン(1.5g)，一定量の水(8.0mL)を15分間混合し粘弾性測定を行った。DDD染色は，DDD溶液に米粉(1.0g)を入れ，50℃で60分間攪拌し，500rpmで3分間遠心分離し，その米粉を水で2回洗浄し，酢酸(pH4.0-4.5)で1分間室温で洗浄後，ジアゾニウム塩溶液で攪拌して行った。L, a, b値を色差計で測定した。

【結果】

15℃で貯蔵した米粉と新鮮グルテンを用いて製パン試験を行った結果、貯蔵期間が長くなるに伴い、次第に製パン性の低下することがわかった。その時の米粉は次第にオイル吸着能が増加し、米粉が疎水性に変化していることがわかった。35℃で貯蔵した米粉と新鮮グルテンを用いて製パン試験を行った結果も、両品種とも貯蔵期間が長くなるに伴い次第に製パン性の低下することがわかった。その時の米粉も次第にオイル吸着能が増加し、疎水性に変化し製パン性との相関係数は高かった。さらに、120℃で乾熱処理した米粉を新鮮グルテンとブレンドして製パン試験を行った結果、120℃、10分間の乾熱処理で製パン性が著しく低下することがわかった。米粉は疎水性に変化し、製パン性との高い相関を示した。米粉の疎水性は、プロテアーゼ処理すると消失したことから米粉タンパク質の変性によることがわかった。さらに米粉を0.2%NaOH水溶液でタンパク質を除去後、製パン試験を行った。結果、製パン性は回復した。これまでのオイル吸着試験と製パン試験の結果から、米粉の疎水化を消失させることが製パン性改良効果につながることを示唆された。そこで、食品添加物のショ糖脂肪酸エステル（HLB-13）を添加し、米粉の疎水性を消失させて製パン試験を行った。2.7%ショ糖脂肪酸エステルを0.5mL添加するとオイル吸着能を失い、そこから得たショ糖脂肪酸エステルの添加量を貯蔵米粉に添加し製パン試験を行った結果、製パン性が回復した。このことから、工業的に利用できる可能性を見いだした。

さらにミキソグラフ試験で乾熱処理米粉/グルテンのプロフィールが大きく低下したことから、乾熱処理米粉による変化は小麦グルテンの酸化還元反応に関係していることが推察された。また乾熱処理した米粉中のSH基をDDD染色した結果、乾熱処置時間が長くなるにつれてa値が上昇したことから、米粉表面のSH基の量に変化していることがわかり、グルテン中のSS結合が米粉SH基で還元されたために起こった現象と推定された。

【引用文献】

1) Aya Tabara, Mariko Nakagawa, Yuki Ushijima, Kotaro Matsunaga, and Masaharu Seguchi, "Effects of heat treatment on oil-binding ability of rice flour." *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2015, 30:1-6.

2) Mariko Nakagawa, Aya Tabara, Yuki Ushijima, Kotaro Matsunaga and Masaharu Seguchi, "Hydrophobicity of stored (15, 35℃), or dry-heated (120℃) rice flour and deteriorated breadmaking properties baked with these treated rice flour/fresh gluten flour." *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2016. In press.

高果糖食投与ラットにおける自由運動の生理学的影響

博士前期課程（食物栄養学専攻）西出 千草

【目的】

フルクトースはグルコースに比べて糖化反応を引き起こしやすく、そのことが多くの疾病の原因に成り得ることは、様々な研究によって明らかにされている¹⁾²⁾。これまで、フルクトース過剰投与による、食餌誘因性インスリン抵抗性モデルラットについて、フルクトースによって引き起こされるグリケーションが及ぼす生体の生理状態の変化は報告されているが、それに対する運動負荷の影響は殆ど報告されておらず、加えて微小循環への影響についての報告も殆ど見当たらない。そこで、本研究ではフルクトースが引き起こす糖化反応に対する運動の影響について検討する。

【方法】

4 週齢雄性 Wistar ラットを予備飼育後、コントロール食(Cont)群、高果糖食非運動(HFr(-))群及び、高果糖食運動(HFr(ex))群の3群に分類し、5 週齢より 15 週齢まで 11 週間飼育した。飼料は、Cont 群は標準食(20%カゼイン食)、HFr(-)群及び HFr(ex)群は 58%フルクトース食を水とともに自由摂取させた。なお、HFr(ex)群はラット回転式運動量測定装置(株式会社夏目製作所、東京)で飼育し、運動負荷は 24 時間の自由運動とした。

実験食投与期間中、体重、摂食量、血圧を測定し、HFr(ex)群では自発走行量を観察した。15 週齢時には、経口糖負荷試験(OGTT)を行った。

投与期間終了後、3 種混合麻酔下で腹部大動脈より全採血を行い、主要臓器重量、腹腔内脂肪量の測定を行った。また、採取した血液は、一般血液性状、血液生化学性状(血清インスリン濃度を含む)、一部の動物での血液流動性(MC-FAN法)の測定に用いた。

【結果と考察】

HFr 食投与ラットの生理学的性状へ運動が及ぼす影響を調べた。平均体重は他の 2 群に比べ HFr(ex)群で有意な減少がみられたことから、運動による体重増加抑制効果が確認された。血圧が、HFr(-)群が Cont 群と比較して上昇、または、上昇傾向を示した。高フルクトース投与は、高血圧症をきたすとされ、また、適度な運動は血圧の上昇を抑制することから、高フルクトース食投与による血圧上昇傾向が、自由運動によって抑制されたと考えられる。

肝臓重量は HFr(-)群に比べ HFr(ex)群の間では有意な低下が観察され、加えて、腹腔内脂肪実重量が、HFr(ex)群で他の 2 群に比べて有意に低値、または、低下傾向を示した。また、血清インスリン濃度より算出した HOMA-R の結果では、HFr(-)群の値で Cont 群と比べて上昇傾向が見られ、HFr(ex)群は HFr(-)群の値と比較すると有意に低下したことから、HFr(-)群はインスリン抵抗状態にあり、運動で改善されたと考えられる。インスリン

抵抗性は肝脂肪蓄積を促進し、脂肪の蓄積にも関与するとされ、また、習慣的な運動の実施は、肝脂肪蓄積抑制、脂肪蓄積抑制、インスリン抵抗性改善なども報告されていることから、高フルクトース食投与でインスリン抵抗状態になることによって肝脂肪が蓄積され、肝臓重量が増加し、腹腔内脂肪も増加したが、自由運動負荷によってインスリン抵抗状態が改善されることでそれらが減少したのではないかと推測される。

血液流動性試験では、HFr(-)群の流動時間延長傾向が見られ、また、HFr(ex)群の全血流動時間が、短縮傾向であった。フルクトースの過剰摂取は、血液流動性に関与する因子である血中中性脂肪(TG)の増加を引き起こす。TGは、習慣的な運動によって減少することも先行研究で確認されており、本実験においても、TGはHFr(-)群の値が他の2群と比較して有意に高値であったため、HFr(-)群で血液流動時間が遅延傾向を示し、HFr(ex)群でそれが短縮傾向であったのは、フルクトース食投与によってTGが増加し、運動によってそれが改善されたためではないかと推測される。

【まとめ】

Wistar ラットに高果糖食を与え、食餌誘因性インスリン抵抗性モデルラットを作成し自由運動負荷を与えて飼育し、その生理学的影響を調べた。

肝臓重量、腹腔内脂肪量（後腹壁脂肪、生殖器脂肪、腹腔内総脂肪）、血液生化学性状（血糖値及び中性脂肪）では、運動による減少効果が見られた。

微小循環モデル装置（MC-FAN）による血液流動性試験の結果、高果糖食群で血液流動性は遅延傾向を示し、自由運動負荷により統計学的な有意差は認められなかったものの血液流動性が改善を示す傾向がみられた。

【参考文献】

- 1) 竹内正義：生活習慣病の発症・進展における Toxic AGEs (TAGE)-RAGE 系の関与 -新たな治療戦略, J Kanazawa Med Univ, 37, 141-161, 2012
- 2) John D. McPherson, Brian H. Shilton, Donald J. Walton.: Role of fructose in glycation and cross-linking of proteins. , Biochemistry, 27 (6), 1901-1907, 1988

ハスカップの脱顆粒抑制成分の特定

博士前期課程（食物栄養学専攻）横田 晶紀

【背景・目的】

近年、食物アレルギーや花粉症をはじめとした I 型アレルギー患者が著しく増加していると言われている。これは、食生活や環境の変化、ストレスといった要因が大きく関わっており、これらの要因が同時期に複合して起こったために、著しい増加に繋がったと考えられている。そこで、発症を予防もしくは軽減することのできる食品および成分を見つけ出すために、アレルギーを抑制することを当研究室で明らかにしたハスカップを試料として用い、有効成分を特定することを本研究の目的とした。

【方法】

ハスカップ果実 1 g、滅菌水 4 ml を超音波破碎したものをハスカップ試料とし、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）により分析し、ハスカップ試料に含まれる成分のピークを検討した。その後、いくつかのピークを分取し、遠心濃縮機により HPLC で分離に用いた移動相を蒸発させ、サンプルとした。また、ゲル濾過クロマトグラフィーを用いて分子量の大小によってハスカップ試料の成分を分け、高分子群と低分子群をそれぞれサンプル H1～4、L1～6 とした。

ラット好塩基球性白血病細胞株 RBL-2H3 細胞を培養し、脱顆粒反応を引き起こした際にヒスタミン等と共に放出される β -hexosaminidase (β -hex) の量を、コントロールである滅菌水を添加したものと、上記のハスカップ試料から得られたサンプルを添加したものとで比較し、脱顆粒抑制効果を検討した。

【結果】

脱顆粒反応実験の結果、HPLC における測定波長が 520 nm のときに得られたピークに関しては、抑制効果が見られなかった。そのため測定波長を 254 nm に変更し得られたピークを用いて脱顆粒反応実験を行った場合、サンプル 1 を添加した場合にコントロールと比較して β -hex の放出量が低下した。しかし、サンプル 1 の酸性の性質からか A23187 刺激による β -hex 放出量も低下していたため、他のサンプルを添加した場合と同等の β -hex 放出量になるようにサンプル 1 の添加量を変化させて実験したところ、どの濃度においても放出量に差は見られなかった。ゲル濾過クロマトグラフィーで得られたサンプルを用いた場合では、HPLC での測定波長 254 nm の場合と同様に L3 以降のサンプルにおいて酸性が確認され、 β -hex の放出量も低下傾向にあった。

【考 察】

これまでに当研究室で脱顆粒抑制効果が認められた食材としてアサイー、ハスカップがあり、互いにアントシアニンが豊富であることから脱顆粒抑制効果があるのではないかと推測し、HPLC を用い 520 nm で検出されるピークを脱顆粒反応実験に使用したが、脱顆粒抑制効果は見られなかった。

そのため、芳香族化合物の吸収帯である 254 nm で検出されるピークを脱顆粒反応実験に使用したところ、サンプル 1 において β -hex の放出量が低下した。しかし A23187 刺激による β -hex の放出量も低下していたことから細胞が傷害されている可能性が考えられたため、サンプル 1 の添加量を変化させて実験を行ったところ、データからサンプル 1 の酸性が細胞に影響を及ぼす添加量には閾値があるのではないかと推測された。また、ゲル濾過クロマトグラフィーで得られたサンプルを用いた場合においても酸性であるフラクションが β -hex の放出量を低下させる傾向が確認されたため、HPLC での測定波長 254 nm におけるサンプル 1 と同一の成分を含んでいる可能性が考えられた。

【まとめ】

本研究においてハスカップに含まれる脱顆粒反応を抑制する成分を特定することはできなかったが、現段階で考えられる抑制成分の特徴として酸性であることと、ゲル濾過クロマトグラフィーで高分子群と低分子群の境目に位置していることから分子量が 5,000 前後であることが考えられた。単一の分子であるのか低分子が重合しているのかについて調べるために、ゲル濾過クロマトグラフィーで得られたサンプルを HPLC で分析することによって、254 nm におけるサンプル 1 と同一の成分であるかを確認し、さらに LC/MS を用いてその成分の組成を特定することが必要である。

セルロースグルコマンナン混合物の構造と物性 ーセルロースの食品材料への展開ー

博士前期課程（生活造形学専攻）松原 春佳

【背景・目的】

セルロースは植物細胞壁の主成分であり、光合成によって地球上で最も多量に生産・蓄積されている生物資源である。近年、天然セルロースが水酸化ナトリウム水溶液に溶解されることが見出された。水酸化ナトリウムは食品加工に使用して良い薬品であるため、この溶解法から得られた再生セルロースは、世界で初めての食品材料として展開できる。再生セルロースを食品材料として利用できれば、カロリーゼロであるため今日の欧米的な高カロリー、低繊維質な食生活を大きく改善できる可能性がある。とはいえ、法的に食べることができてもセルロースは食感が悪いため、そのままでは食品材料として使うことはできない。しかし、溶解状態でセルロースとコンニャクグルコマンナンを複合させることにより食感を向上できることが最近わかってきた。レーヨン繊維メーカーであるオーミケンシ（株）と共同で、このセルロース/グルコマンナン複合体の麺類、米類への事業化検討を進めている。しかし、この複合体の構造や物性など詳細なことは分かっていない。この研究は、セルロースの特性を生かしたカロリーを抑え、食物繊維が豊富なセルロース食品の展開を視野にした基礎データを得るためのものである。

【実験方法】

セルロースとグルコマンナンをそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液に溶解し、混合比 [セルロース : グルコマンナン] 100 : 0、80 : 20、70 : 30、50 : 50、40 : 60、30 : 70 になるように溶解状態で混合させた。遠心分離器で脱泡後、0.5mm の厚さで製膜、注射器を用いて紡糸を行った。凝固液に 15%濃度の硫酸水溶液を用い、製膜時は 5 分、紡糸時は 10 分浸漬させた。取り出したサンプルをそれぞれ流水で十分に洗い流し、次に示す測定を行った。(1)強伸度測定：幅 5mm、長さ 50mm に切った未乾燥フィルムをクリップ間 20mm となるようサンプルを取り付け強伸度測定器で速さ 20mm/min、サンプリング間隔 0.125 秒測定を行った。(混合比ごと 10 サンプル) (2)乾強伸度測定：圧乾燥を行ったフィルムを用い、厚さを測った後に上記の強伸度測定と同じ方法で測定を行った。(3)弾性率の湿度依存性の測定：圧乾燥フィルムを幅 5mm、長さ 40mm に切り、動的粘弾性測定装置を用い、クリップ間を 20mm にセットし湿度 30%-95%を 1%ずつフィルムに与えながら測定を行った。(4)SEM 観察：フィルムを凍結乾燥させ、割断面に金属蒸着させ SEM を用いて観察を行った。(5)保水・保油性の測定：保水性には生フィルムを用いて遠心分離機において余分な水分を除き、重量測定を行った。その後凍結乾燥器とオープンで完全に水分を飛ばし重量測定を行った。この結果を用いて一次膨潤度を求めた。また、同じサンプルを水に 1 時

間浸した後に余分な水分を除き重量計測し、オーブンで完全に乾燥させた重量の測定より、二次膨潤度を算出した。保油性は、糸状物を凍結乾燥とオーブンドライを行った後に重量計測を行った。オリーブオイルに浸し2日間放置させ遠心分離器で余分な油を除き重量計測し、保油率を算出した。

【結果・考察】

未乾燥フィルムの強伸度は、セルロースの混合比が下がるにつれて強度は下がり、伸度は高くなった。一方で乾燥フィルムはどのセルロース混合比であっても全体的に強度は著しく高くなり伸度は著しく低い値となった。

例えばセルロース100%の乾燥フィルムは、セルロース100%の未乾燥フィルムより約60倍もの強度、約10分の1の伸度となった。一度乾燥させた複合物は再湿潤させて

も食感が極めて悪く、食すことは難しいが、乾燥による強度の著しい増加がこれに対応するものと考えられる。しかし、乾燥フィルムに湿度を与えていく過程での貯蔵弾性率は、湿度86%を超えたところで急激に低下した。乾燥フィルムであっても湿度が上がることで水分を捉え、物性が変わることから、フィルム内の構造がセルロース含有率の低下に伴い、ポーラスな構造になっていることが考えられ

る。未乾燥フィルムの凍結切断面のSEM観察では、ポーラスな構造が観察され、セルロースの含有率が低下するに伴い孔径が大きくなることが分かった。Fig.1はセルロース100%フィルム凍結切断面で、平均孔径は約 $0.694\mu\text{m}$ であった。また、Fig.2のセルロース30%フィルムでは平均孔径は約 $1.313\mu\text{m}$ であり約2倍となった。グルコマンナの含有率が上がるにつれて、よりポーラスな構造となり、この孔に水分が保持されることが推定される。ここで、未乾燥フィルム・乾燥フィルムそれぞれがどれほどの水分を保持するのか、また食品展開していく上で油分の保持率についての物性を見るため保水・保油率の測定を行った。未乾燥フィルム状態での保水率（一次膨潤度）はセルロース含有率の低下に伴い高くなった。しかし、一度乾燥させたフィルムを再度膨潤（二次膨潤度）させた場合、全体的に一次膨潤度の約3分の1と保水率は著しく下がった。このことから一度乾燥させることで、SEM観察で見られた孔も乾燥とともに潰れ、再び水分が入り込むほどの孔径には戻らないことが伺える。また、保油率はセルロース含有率の低下に伴い高くなった。

以上の測定・観察結果からセルロースの含有率が低くなると弾力・柔らかさのあるよい食感に繋がること、食品材料として調理する際、味の付与をしやすい食品として展開できることが示唆された。しかし、一度乾燥させると脆く硬い物性となり、再湿潤させても膨

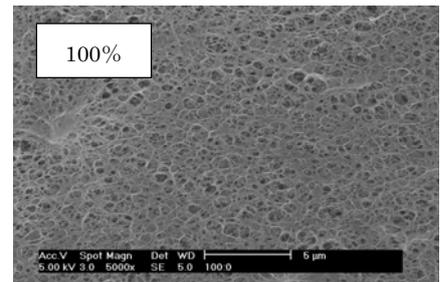


Fig.1 セルロース100% SEM 観察写真

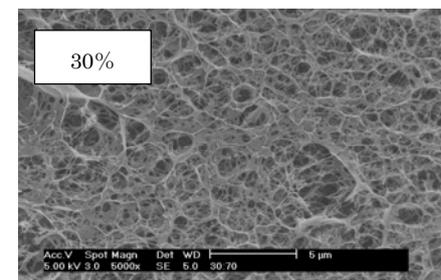


Fig.2 セルロース30% SEM 観察写真

潤度はそれほど上がらないことから、元の状態には戻らないことが分かった。これは、一度乾燥された混合物が最湿潤しても食感が極めて悪いことに対応する。