

令和3年度（2021年度）

神戸女子大学大学院家政学研究科

修士論文要旨

高校生における共食と精神健康度との関連

博士前期課程 食物栄養学専攻 黒岩美紅

【背景・目的】

誰かと共に食事をする共食は、精神健康と関連していることが明らかにされている。青年期を対象とした先行研究により、家族との共食頻度の高い者は精神的な健康状態が良好であることや、うつ症状のオッズ比が低いことが報告され、共食頻度が多いほど精神健康は良好であることが明らかにされている。こうしたことから共食は、その重要性が広く認知され、食育推進基本計画をはじめとした様々な取り組みで推進されてきた。

しかし子供の家族との共食頻度は、核家族化など社会情勢の変化やライフスタイルの多様化により減少している。共食頻度が低い者の中には共食したいとは思っていても時間や場所の制約によりできない者も多いことが知られている。そこで共食頻度の増加を目指すだけでなく、共食頻度が低い者を対象にどのような共食をすればよいかを検討する調査研究も必要であると考えた。

本研究では、高校生を対象に共食頻度と精神健康度との関連を確認するとともに、少ない共食頻度でも精神健康度を保つための示唆を得るため、共食頻度が低い者の家族との共食の特徴を明らかにすることを目的とした。

【方法】

便宜的抽出により選んだ兵庫県の私立 K 女子高校に通う 3 年生 192 名と、大阪府の私立 O 女子高校に通う 2 年生 108 名の計 300 名のうち、調査への参加の同意が得られた者を対象にアンケート調査を行った。共食に関するアンケートと精神健康度を測る GHQ12 の 2 種類のアンケートを用いて、共食頻度と精神健康度との関連を調査した。

【結果】

共食頻度と精神健康度との間に有意な関連がみられ、共食頻度が高い群は低い群と比べて精神健康度が良好である者の割合が高かった。

家族との食事の状況については、精神健康度と、食事中的会話、食事中的自発的会話、会話内容、食事中的携帯電話の使用との間に関連がみられた。共食観については、精神健康度と、共食を楽しみと思うこと、家族全員での共食希望との間に有意な関連がみられた。

【考察】

先行研究と同様に、高校生を対象に GHQ12 を用いた本研究においても、共食頻度が高い者は低い者と比べ精神健康度が良好である者が多いことが明らかとなった。

食事中的会話がある者は、ない者に比べて精神健康が良好である割合が高かった。食事中的携帯電話の使用がある者はない者と比べ、精神健康度が不良である割合が高いことが示され、食事中的携帯電話の使用と食事中的会話には負の相関関係がみられた。これらのことから、ただ共に食事をするのではなく、会話のある共食をすることが精神健康を高める可能性が示唆された。共食観については、精神健康度と、共食を楽しみと思うこと、家族全員での

共食希望に関連がみられた。先行研究においても、子供にとって食卓が安らぎの場となっている場合に子供の心の健康状態が良好であったことが明らかにされ、共食はポジティブな感情が喚起されることで精神健康に関連すると推察されている。楽しいと思うことができるような家族との共食によりポジティブな感情が呼び起こされることで精神健康度を高める可能性が考えられる。

共食頻度が低い者を対象に精神健康度と共食観の関連を調べたところ、高校生全員を対象とした場合にもみられた、精神健康度と家族全員での共食希望との間の関連が認められた。先行研究においても、共食頻度の多さに関わらず、食事中にコミュニケーションをとっていれば QOL は良好であったことが明らかにされている。共食頻度が低いものであっても、家族全員で共食したいと思えるような状況では、精神健康度が良好である可能性が考えられる。

【結論】

共食頻度が高いと精神健康度が良好である者の割合が多かった。共食頻度が低い者の家族との共食を調べたところ、精神健康度と家族全員での共食希望に関連がみられた。

食後血糖上昇抑制効果を有する豆粉パンの開発とその有効性の検討

博士前期課程 食物栄養学専攻 篠倉美香

【背景・目的】

IDF(国際糖尿病連合)によると、現在糖尿病有病者数は5億3,700万人に上り、2019年に発表された有病者数から7,400万人増加している。日本でも、糖尿病が強く疑われる者の割合は男性約2割、女性でも約1割にのぼり(令和元年国民健康・栄養調査結果より)、健康的な食習慣を含む生活習慣の改善は喫緊の課題である。

豆類は、タンパク質、ビタミンやミネラルなどの微量栄養素及び食物繊維を豊富に含む健康食材として知られている。特に、大豆は、でんぷんをほとんど含まない低GI食品として、糖尿病の栄養管理にも利用されている。一方、大豆以外のでんぷんを多く含む豆類の血糖上昇抑制効果についてはあまり知られていない。

本研究では、7種の豆類(あずき、青えんどう、金時豆、大豆、手亡、ひよこまめ、レンズまめ)の微粉末を用いたパンを作製し、それらを摂食した後の血糖及び血清成分(インスリン)変動を調べるとともに、食後血糖に影響を及ぼす要因について検討を行った。また、給食などで利用できる実用的な豆粉パン開発のための基礎知見を得るため、各種パンの嗜好性、物性、香気成分についても分析し、それらの有用性について総合的に検討した。

【方法】

本試験は、神戸女子大学に在籍する20代の健康な女子学生を対象に、自己血糖測定器を用いた血糖測定(8名)(以後、自己試験という)及び、0病院での採血による血糖・インスリン測定実験(5名)(以後、病院試験という)を行った。なお、すべての試験は、神戸女子大学「人間を対象とする研究倫理委員会」、0病院倫理委員会の承認を受けて実施した(2019年7月~2022年1月)。

すべての試験で用いた基準食(小麦粉パン)と検査食(7種の豆粉パン:小麦粉の20%を豆微粉末に置換)は、いずれも1食分の糖質を約50gに調整した。自己試験では、それらを摂食後の血糖変動を日本GI研究会の血糖測定プロトコルに基づいて調べた。また、病院試験では、基準食と検査食(3種の豆粉パン:小麦粉の20%を豆(金時豆、大豆、レンズまめ)微粉末に置換)を摂取直前と、摂取開始から30、60、90分及び120分後に採血を行い、血糖値とインスリン値を測定した。

試験で得られた同一時間帯の2群間(基準食と検査食)の血糖値、血清成分変化、上昇曲線下面積(Incremental area under the curve, IAUC)、その他の動態パラメーター(Δ 血糖値、 ΔC_{max} 、 T_{max} 、GI)は、統計処理検定を行った。データの集計及び解析には、Excel 2016(Microsoft)を用い、統計処理には統計ソフト(IBM SPSS Statistics 27.0.1)を使用した。同一時間帯の2群間(基準食と検査食)の血糖値についてはWelchのt検定を行い、有意確率が0.05未満の場合に有意差があると判定した。また、その他の差の検定には多重比較検定のTukey-Kramer法を用い、有意水準は5%未満とした。

食後血糖に影響を及ぼす要因についての検討では、豆粉の α -グルコシダーゼ阻害活性及び各種パンの凍結乾燥粉末中の4種類のでんぷん(RDS: Rapidly Digestible Starch, SDS: Slowly Digestible Starch, TDS: Total Digestible Starch, RS: Resistant Starch)の分

析を行った。でんぷん定量には、消化性/難消化性澱粉測定キット (Megazyme 社) を用いた。

各種豆粉パンの嗜好性は、「色」「香り」「食感」「味」「総合評価」の5項目について、基準食をもとに両極性7段階の間隔尺度で評価する相対比較法により評価した。物性評価は、焼成後1時間放冷した各種豆粉パンの比容積を菜種置換法にて測定するとともに、圧縮強度・破断強度をテクスチャーアナライザー (英弘精機 (株), TA.XT.plus) を用いて測定し、小麦粉パンのそれと比較した。また、嗜好性に関与する匂い成分分析をTDS-GC/MS-ODP3 (Agilent Technology 社/Gestel 社, 7890B/5873) を用いて行った。尚、差の検定には嗜好調査においてはWilcoxon符号付順位和検定を、各種物性試験においてはWelchのt検定を用い、有意水準は5%未満とした。

【結果・考察】

自己試験では、同一時間帯における基準食と検査食の比較において、大豆及びあずき粉パン摂取90分後、ひよこまめ粉パン摂取120分後の血糖値が有意に低値であることが確認できた (いずれも $p < 0.05$)。また、算出したGIによる比較では、基準食 (100) に比べ、大豆粉 (77 ± 14)、ひよこまめ粉 (74 ± 13)、レンズまめ粉 (69 ± 25) パンが低値を示したことから (いずれも $p < 0.05$)、これら豆粉パンは血糖を上昇させにくいことが示唆された。

基準食と検査食の血糖値の多重比較検定では、検査食間において、血糖値を上げやすい傾向が見られたえんどう粉パンに対し、大豆粉パン ($p < 0.01$)、あずき・ひよこまめ・レンズまめ粉パン ($p < 0.05$) は摂食後の血糖上昇抑制が認められたが、基準食と検査食間では差はなかった。一方、病院試験でも、基準食と検査食間に有意な差は見られなかった。

食後血糖に影響を及ぼす要因についての検討では、各種豆粉中の α -グルコシダーゼ阻害活性は検出されず、豆粉パン中のデンプンの種類・含有量と血糖値の間にも相関は認められなかった。従って、豆粉パン間の血糖値の違いは、 α -グルコシダーゼ阻害活性を有する成分やデンプン種に起因してないことが明らかになった。

嗜好調査で有意に好まれた豆粉パンは、あずき (味・総合評価)、大豆 (色・食感・味・総合評価) 及びひよこまめ (味・総合評価) 粉パンで、有意に好まれなかったのはえんどう (色・香り)、金時豆 (香り)、レンズまめ (味・総合評価) 粉パンであった。

豆粉パンの比容積は、基準食に比べて、あずき、えんどう、大豆、手亡粉パンで小さかった ($p < 0.05$)。すべての豆粉パンのクラム圧縮強度は基準食に比べて高く ($p < 0.01$)、クラスト破断強度は、あずき及びレンズまめ粉パンが低かった ($p < 0.05$)。また、これら物性試験データと血糖値・嗜好調査結果の間には相関が認められなかった。

嗜好性に関与する匂い成分分析により、最も嗜好性が低かったレンズまめ粉パンに、1-ヘキサノール、ヘキサナール及び2-ペンチルフランのような豆臭さを感じさせる香気成分が顕著に多く含まれることが確認された。

【結論】

豆粉パン摂食後の血糖変動は、添加した豆粉の種類によって異なっていた。今回、血糖上昇に影響を及ぼす要因の特定はできなかったものの、豆粉パン (あずき、大豆、ひよこまめ、レンズまめ) の血糖上昇活性には、 α -グルコシダーゼ阻害活性を有する成分や豆粉デンプンの種類・含有量に関与せず、これらの豆に含まれるフラボノイド、ペプチド、非デンプン性オリゴ糖等の成分が血糖上昇抑制効果を有することが推察された。

本研究結果から、小麦粉の20%をあずき、大豆、ひよこまめ微粉末で置換することにより、血糖上昇抑制効果及び嗜好性の高い豆粉パンを開発できる可能性が示唆された。

豆煮汁に含まれるオリゴ糖の構造特性及びプレバイオティック効果

博士前期課程 食物栄養学専攻 笹田 歩佳

【背景・目的】

豆類には様々なオリゴ糖が含まれており、プレバイオティクスとしての効果が認められているラフィノース族オリゴ糖（三糖のラフィノース、四糖のスタキオースなど）が乾燥豆 100 g 当たり数 g 含まれていることが報告されている。プレバイオティクスとは、腸内で有益な作用をもたらすビフィズス菌のような微生物の増殖（活性）を特異的に促進して宿主に有用な働きを発揮する難消化性の食物成分のことである。現在、大豆オリゴ糖、フラクトオリゴ糖及びイソマルトオリゴ糖などのオリゴ糖類が特定保健用食品“お腹の調子を整える食品”の関与成分として許可されている。

一方、豆類には、乾燥重量の 20～30%を占める貯蔵タンパク質から遊離した *N*-グリカンが多く蓄積していることがわかっている（数十 mg/乾燥豆 100 g）¹⁾。*N*-グリカンとは、糖たんぱく質のポリペプチド鎖中のアスパラギン(Asn)のアミド窒素に *N*-アセチルグルコサミンが *N*-グリコシド結合した糖鎖であり、真核生物が産生する分泌型たんぱく質のほとんどが *N*-グリカンをもつ糖たんぱく質である。*N*-グリカン構造には、主に GlcNAc とマンノースから成るハイマンノース型と、それら 2 糖以外にキシロース、フコースなどが結合した複合型構造がある。植物細胞が産生する分泌型糖タンパク質には、トリマンノシルコア構造部分に B1,2Xyl と α 1,3Fuc が結合する植物特異的な *N*-グリカンが結合するが多い。そして、この構造ユニットは動物糖たんぱく質には存在せず哺乳動物に対して強い抗原性を示すため植物抗原性糖鎖ともよばれ、大豆たんぱく質アレルギーにも植物抗原性糖鎖が結合している²⁾。また、小豆にはハイマンノース型 *N*-グリカンの M8 (Man₈GlcNAc₂)、手亡（白いんげん豆の一種）には M3FX (Man₃Xyl₁Fuc₁GlcNAc₂) の植物複合型 *N*-グリカンが比較的多く存在することが報告されている¹⁾。しかし、これら植物抗原性糖鎖の機能については未だ不明な点が多く、動物型複合型 *N*-グリカンがある種のビフィズス菌増殖を促進することは報告されているものの³⁾、植物 *N*-グリカンによる腸内細菌増殖活性については報告例がない。

日本の食品会社、特に製餡（あん）所では、多量のゆで汁・煮汁が廃棄されており、それら廃液中にはラフィノース族オリゴ糖や *N*-グリカンなどの高機能性オリゴ糖が多量に含まれていると考えられる。そこで本研究では、廃棄されている豆煮汁を機能性食品や試薬の供給源として利用することを目的とし、6 種の乾燥豆から調製した豆煮汁由来オリゴ糖の組成分析と、それらのビフィズス菌増殖促進活性を調べた。

1) Kimura M., et al., *Int. J. Biol. Macromol.* **153**(15), 1016-1023(2020)

2) Osada, T., et al., *Carbohydr. Res.* **448**, 18-23 (2017).

3) Karav., et al., *Appl. Environ. Microbiol* **82**, 3623-3630(2016)

【方法】

6 種の豆類（大豆、ひよこまめ、手亡、小豆、えんどう、レンズまめ）各々 500g から、一般的な餡の製造工程に準じて 2 時間加熱して煮汁を調製し、それらの凍結乾燥後の重量を

測定した。また、各々の凍結乾燥物（2 g）から、50%エタノール分画、陽イオン交換（Dowex 50×2）によりオリゴ糖画分を調製し、順相 HPLC-RI 及び LC-ESI-MS でラフィノース族オリゴ糖の分析を行った。次に、得られた豆煮汁オリゴ糖画分を用いて、4 種類のビフィズス菌（*Bifidobacterium. longum* subsp. *infantis* JCM 1222, *Bifidobacterium. longum* subsp. *longum* JCM 7052, *Bifidobacterium. adolescentis* JCM 1275, *Bifidobacterium. pseudocatenulatum* JCM 1200）に対する増殖活性を嫌気培養法により測定した。また、小豆・手亡の煮汁オリゴ糖画分をゲルろ過に供しスタキオースを精製し、HPLC 分析及び質量分析を行い純度を調べた。さらに同 2 種の煮汁オリゴ糖画分をピリジルアミノ化で蛍光標識を行い、順相 HPLC・逆相 HPLC に供して N-グリカンの精製・同定を行った。

【結果・考察】

各煮汁凍結乾燥物の収量（g/乾燥豆 100 g）が多かったのは、手亡（12.2%）、小豆（11.0 %）及びレンズまめ（13.3 %）であり、ひよこまめ（6.5 %）とえんどう（6.6 %）では少なかった。

各煮汁オリゴ糖画分の糖組成分析の結果、ラフィノースはひよこまめ煮汁凍結乾燥物中に最も多かった（21.2 %）。スタキオースは大豆（17.9 %）、ひよこまめ（10.4 %）、小豆（14.4 %）及びえんどう（13.6 %）煮汁凍結乾燥物中に多く含まれ、これら豆煮汁が高機能性オリゴ糖の良い供給源になる可能性が示唆された。一方、手亡やレンズまめの煮汁中にはラフィノース族オリゴ糖が少なかった。また、6 種の豆煮汁オリゴ糖画分を用いたビフィズス菌増殖活性測定の結果、すべてのオリゴ糖画分が *B. longum* subsp. *infantis*, *B. longum* subsp. *longum*, *B. pseudocatenulatum* を有意に増殖した（無糖培地との比較: $p < 0.05$, Bonferroni）。

小豆及び手亡の乾燥豆 100 g より調製した煮汁にはスタキオースが各々 1.16 g, 1.28 g 得られ、HPLC 分析及び質量分析の結果、精製したスタキオースの純度は 97~100%であることが確認できた。また、精製したスタキオースのビフィズス菌増殖促進作用は 4 種の菌すべてで有意に認められた（無糖培地との比較: $p < 0.01$, Bonferroni）。

小豆・手亡から調製した煮汁中に N-グリカン（M8, M3FX）の存在が認められたが、*B. longum* subsp. *infantis*, *B. longum* subsp. *longum* に対するビフィズス菌増殖促進作用は認められなかった。

【結論】

ひよこまめ煮汁はラフィノースの供給源として、大豆、ひよこまめ、小豆及びえんどうの煮汁はスタキオースの良い供給源として利用できる可能性が認められた。6 種の煮汁オリゴ糖画分のビフィズス菌増殖促進作用が *B. longum* subsp. *infantis*, *B. longum* subsp. *longum*, *B. pseudocatenulatum* で認められ、プレバイオティック効果を有する可能性があることがわかった。また、小豆・手亡の煮汁から純度の高いスタキオースの精製が可能であり、ビフィズス菌の増殖促進活性を有する機能性食品素材や研究用試薬のよい供給源となる可能性が示唆された。一方、小豆・手亡の煮汁には N-グリカンが含まれていることが明らかとなったが、ビフィズス菌の増殖促進作用は認められなかった。

脂肪肝形成に及ぼす栄養素の効果

肝星細胞株活性化に及ぼす糖質の作用

博士前期課程 食物栄養学専攻 西川 佳江

【背景・目的】

近年、日本において非アルコール性脂肪性肝炎（non-alcoholic steatohepatitis, NASH）が増加している。フルクトースは肝臓の脂肪合成を促進し、脂肪蓄積を亢進させると報告されており、非アルコール性脂肪性肝疾患(non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD)の増悪因子とされている。肝細胞への脂肪蓄積が、肝臓の線維化を促進させる肝星細胞の活性化を引き起こすのではないかとされているが、今回、フルクトースが直接肝星細胞を活性化しコラーゲン産生を高める可能性、及び炎症性サイトカインである形質転換増殖因子 β (TGF- β)存在下に肝星細胞活性化を増強する可能性をラット星細胞株(RI-T 細胞)を用いて検討した。さらに、活性酸素種(ROS)のブロッカーであるN-アセチル-L-システイン(NAC)や細胞内シグナル伝達阻害薬のフルクトース作用への影響を調べ、フルクトースの作用機構について検討した。

【方法】

細胞培養

10%牛胎児血清、ペニシリン G カリウム (100 μ g/ml)、カナマイシン (15.5 μ g/ml) を含む Roswell Park Memorial Institute1640 メディウムを用いてラット肝星細胞 RI-T 細胞を 12 穴プレートで培養した。メディウムをフルクトース、グルコース、TGF- β を含むメディウムに置換したのち 48 時間培養、その後、RNA 抽出、cDNA 化を行い RT-PCR で I 型コラーゲン a1 鎖 (COL1A1)、 α -平滑筋アクチン(α -SMA) mRNA 量の測定を行った。

【結果、考察】

フルクトースは RI-T 細胞において COL1A1 mRNA 量を増加させたが、 α -SMA mRNA 量は増加させなかった。グルコースも COL1A1 mRNA 量を増加させたが、フルクトースによる増加量に比べてその増加量は小さかった。TGF- β は COL1A1 mRNA 量を増加させた。TGF- β による α -SMA mRNA 量の増加量は、フルクトース、グルコースより明確であった。NAC の存在下ではフルクトースは COL1A1 mRNA 量を増加させなかった。JNK の阻害剤はフルクトース、TGF- β の COL1A1 mRNA 量増加反応を抑制した。ERK の阻害剤は TGF- β の COL1A1 mRNA 量増加を抑制した。

【結論】

フルクトースは肝星細胞株を直接活性化し COL1A1 mRNA を増加させる。

フルクトースは RI-T 細胞に直接作用し、ROS 産生/MAPK シグナルを介して COL1A1 mRNA を増加させることが示唆された。