

中高年者における日常的なキクイモ粉末の摂取が血清脂質代謝に与える影響

花 村 衣 咲^{1)†}, 松 山 未 来¹⁾, 本 郷 涼 子¹⁾, 世 羅 至 子¹⁾

(¹⁾長崎県立大学 看護栄養学部 栄養健康学科)

(受付 2025年7月7日, 受理 2025年10月14日)

Effects of Daily Jerusalem Artichoke Powder Intake on Serum Lipid Metabolism in Middle-Aged and Older Adults

Isaki HANAMURA^{1)†}, Miki MATSUYAMA¹⁾, Ryoko HONGO¹⁾, Nobuko SERA¹⁾

¹⁾Department of Nutrition Science, Faculty of Nursing and Nutrition, University of Nagasaki

Summary

Objective: Jerusalem artichoke (JA): *Helianthus tuberosus*, a rich source of inulin, may positively influence lipid metabolism. This study investigated the effects of JA powder intake on serum lipid profiles in middle-aged and older adults and examined whether these effects were associated with baseline dietary intake. **Methods:** Twenty-eight participants (mean age: 55.1 ± 15.8 years; 81% male) consumed JA powder daily for four weeks. Serum lipid parameters—including triglycerides, total cholesterol (TC), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C)—were measured before and after the intervention. Body composition, bowel habits, and dietary intake were also assessed. **Results:** After four weeks, TC and LDL-C levels significantly decreased ($p < 0.05$). However, changes in TC and LDL-C (Δ TC, Δ LDL-C) were not significantly correlated with baseline carbohydrate or fat intake. **Conclusion:** Daily consumption of JA powder for four weeks improved lipid profiles by lowering TC and LDL-C levels in middle-aged and older adults. These benefits appeared independent of baseline macronutrient intake, suggesting a potential lipid-lowering effect of JA regardless of dietary composition.

キクイモ (Jerusalem artichoke : JA) は、キク科ヒマワリ属に属する多年生植物であり、イヌリンを高濃度に含有している^{1,2)}。イヌリンは難消化性多糖類の一種であり、多岐にわたる生理機能が報告されている。特に、JA の加工品を用いた先行研究においては、血糖上昇抑制効果に着目した報告が多く見られる^{3,4)}。一方で、JA の加工品やJA に豊富に含まれるイヌリンを用いた基礎研究および臨床研究において、脂質代謝に対する有益な影響も示唆されている⁵⁻⁹⁾。

まず、基礎研究においては、雄性のゴールデンシリアルハムスターにイヌリンを含む食餌を 5 週間与えた研究にて、投与後に血清中の超低比重リポタンパク質 (Very low density lipoprotein: VLDL), 総コレステロール (Total cholesterol; TC), および中性脂肪 (Triglycerides; TG) の減少が報告されている⁶⁾。この研究では、食餌に 0% (対照), 8%, 12%, 16% のイヌリンを段階的に混合しており、この脂質代謝改善効果は、用量依存的であることも示されている⁶⁾。また、ヒトを対象とした最新のメタアナリシスでは、糖尿病を有する者においてイヌリンによ

る TC の低下作用が報告されている⁷⁾。一方で、健常者におけるイヌリン型フルクトанを用いた 6 か月の介入研究では、脂質代謝関連項目に有意な変化を認めなかつたとの報告も存在している¹⁰⁾。このように結果に相違がある一要因として、病態に伴う脂質代謝への影響が異なること、さらには試料として用いる JA やイヌリンの重合度や加工方法が異なることが挙げられる。さらに、脂質代謝に関する多くの研究は、JA の主要成分であるイヌリン単独を用いたものであり、前述の通り、JA そのものを使用した加工品の摂取が脂質代謝にどのような影響を与えるかについては、いまだ明らかになっていない。

一方、イヌリンの効果は、摂取する栄養素等摂取量の影響を受けることが示唆されている^{11,12)}。具体的には、ラットを対象とした基礎研究において、低脂肪食 (5% の脂質含有) または高脂肪食 (20% の脂質含有) の食餌に 5% のイヌリンを添加して 28 日間摂取させた結果、イヌリンの脂質代謝改善効果は食餌中の脂肪量によって異なることが示された¹¹⁾。さらに、雄性の Wistar ラットに対して、高脂肪・高糖質食にイヌリンを添加した食餌を給餌したラッ

[†]連絡先：長崎県西彼杵郡長与町まなび野1-1-1（〒851-2195） Email: hanamura02@sun.ac.jp TEL: 095-813-5206

トでは、肝臓内における TG および TC の上昇が抑制されたとの報告がある¹²⁾。このように、基礎研究においては、食餌によって誘導される脂質代謝異常が、食餌中にイヌリンを添加することで、血清 TG や TC などの血清脂質の上昇を抑制する可能性が示唆されている。

しかしながら、ヒトの日常生活における栄養素摂取状況の違いが、JAによる血清脂質に影響をどのように左右するのかについては、十分に検討されていない。このような栄養素摂取状況の違いが JA による脂質代謝への影響を変化させることができ明らかになれば、どのような栄養摂取状況下の対象者において JA がより効果的であるかを示唆する基礎的な知見が得られる可能性がある。また、本邦におけるレセプトデータベースを用いた非感染性疾患（虚血性心疾患、心不全、脳梗塞、脳卒中）の世代別有病率をみると、40 歳を機に上昇傾向を呈している¹³⁾。しかしながら、勤労世代に該当する中高年層では、生活習慣病の進展が問題となる一方で、食習慣の改善が十分に実践されていない例も少なくない。

本研究では、中高年者を対象に、4 週間の JA パウダーの継続摂取が脂質代謝に与える影響を検討するとともに、栄養素摂取状況が JA パウダーによる脂質代謝の変化に与える影響についても検証を行った。

方 法

研究デザイン

本研究は、Single-Group Study である。本研究では、後述の JA パウダー 10 g (総フラクタン量 4.4 g)，4 週間の継続摂取を実施し、介入前後の各調査項目を比較した。主要評価項目は、JA パウダーの継続摂取による介入前後の血清脂質項目の変化とした。副次的評価項目は、炭水化物および脂質摂取量と主要評価項目で変化を認めた血清脂質項目との関連を評価することである。

対象者

2024 年 6 月に O 企業にて勤務する職員を対象とした。対象は、35 歳から 75 歳を対象に、ポスターおよび口頭にて研究公募を行い、調査協力への同意が得られた 28 名を対象とした。また、除外基準は、腎不全により食事制限の指示がある者、ベースメーカーの使用者、糖尿病、脂質異常症、高血圧症を有する者のうち食事制限を受けていない者とした。調査対象者 28 名のうち、介入前の測定未実施の者 1 名、空腹時採血が実施できなかった 1 名、継続摂取期間中に COVID-19 感染症に罹患した者 1 名、4 週間の JA パウダーの摂取量の平均が 5 g/ 日未満であった者 4 名の計 7 名を除く 21 名（男性 81 %）を解析対象とした (Fig. 1)。

サンプルおよびスケジュール

本研究では、JA パウダー「菊芋の力」(株式会社大島

造船所、長崎県) を使用した。JA パウダーは、JA を凍結乾燥し粉碎したものである。JA パウダーの栄養成分は、日本食品分析センターに分析を依頼した (一般財団法人日本食品分析センター、東京都; Table 1)。また、イヌリンは、長崎県工業技術センターに依頼し (長崎県)、高速液体クロマトグラフィーにより測定した。なお、イヌリンは、D-フルクトースが β -2 → 1 結合により直鎖状に重合したフルクタンの 1 種である。イヌリンは広義には鎖長 3 ~ 5 のフラクトオリゴ糖を含み、狭義には鎖長 6 以上のものを指す。本研究では、総フラクタン量のうち、鎖長 6 以上が 14.8 g/100 g、鎖長 3 ~ 5 が 29.6 g/100 g であった。以上より、本研究では広義であるフラクトオリゴ糖を含むフラクタン総量をイヌリンとした。

JA パウダーの摂取期間は、2024 年 6 月 1 日から 29 日の 4 週間とした。対象者には、JA パウダー 10 g を通常の食事に加えて 4 週間、継続摂取するように依頼した。JA パウダーの摂取タイミングについては特に条件は設けず、1 日の食事のいずれかに 10 g、あるいは食事の際に 2 ~ 3 回分けて 1 日で 10 g 摂取するよう説明した。摂取の方法の例として、汁物や液体を含む料理などに混ぜて摂取するよう依頼した。摂取期間中は対象者に JA パウダー摂取日誌を記載してもらい 1 日平均摂取量を確認した。また、JA パウダーの摂取に際して、治療による服薬は継続とし、調査期間は食生活や運動習慣といった生活習慣を変更しないように依頼した。

現病歴および臨床検査項目

対象者の高血圧症、脂質異常症、2 型糖尿病の有無をア

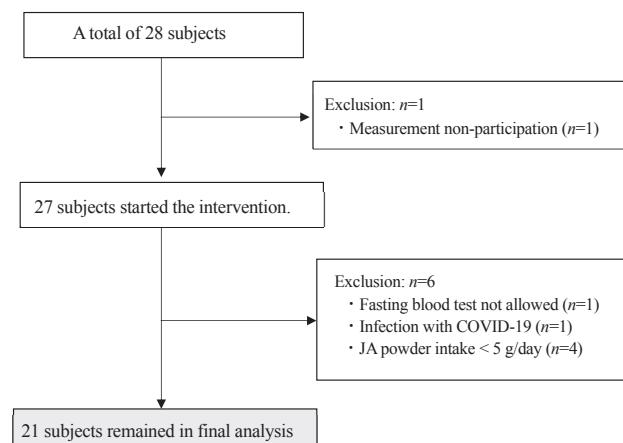


Fig. 1 Study flow diagram

Table 1. The nutritional values of JA powder

Energy (kcal/100 g)	182
Protein (g/100 g)	10.4
Fat (g/100 g)	1.0
Carbohydrate (g/100 g)	78.2
Dietary fiber (g) [†]	60.5
Total fructan content (g/100 g)	44.4

[†]Value for carbohydrate content

ンケートにて調査した。また、空腹時採血により採取した血清より、TG (LabAssayTMTriglyceride; 富士フィルム和光純薬株式会社、大阪府), TC (Cholesterol E-Test wako; 富士フィルム和光純薬株式会社、大阪府), 高比重リポタンパク質コレステロール (High-density lipoprotein cholesterol : HDL-C) (HDL- cholesterol E-Test wako; 富士フィルム和光純薬株式会社、大阪府) を測定した（括弧内は、測定キットを示した）。低比重リポタンパク質コレステロール (Low-density lipoprotein cholesterol: LDL-C) は、Friedewald の式 (TC - HDL-C - TG/5) に基づき値を算出し、さらに LDL-C/HDL-C より動脈硬化指数 (LH 比) を算出した。なお、介入前後に差を認めた項目は、副次的評価項目の解析のために、（介入前の測定値） - （介入後の測定値） / 介入前の測定値の式より Δ (変化率) を算出した。

排便状況

排便状況の調査には、プリストルスケールを用いた¹⁴⁾。プリストルスケールは、排便状況を評価するためのツールであり、便の形状と硬さについて 7 つのタイプに分類される。この Type が上昇するにつれて水分量が多い便であることが評価でき (Type1: 硬くてコロコロの便, Type2: 硬い便, Type3: やや硬い便, Type4: 普通便, Type5: やや柔らかい便, Type6: 泥状便, Type7: 水様便), 本研究では JA パウダー摂取前後の便の Type を評価した。なお、排便頻度については、1 週間当たりの排便回数を調査した。

体組成項目

体重 (kg), Body mass index (BMI) (kg/m²), 体脂肪率 (%) は、生体電気インピーダンス法 (Inbody 270; インボディ・ジャパン株式会社、東京都) を用いて測定した。

栄養素等摂取量

食事調査には、簡易型自記式食事歴質問票 (BDHQ) を使用した。BDHQ は全 80 項目から構成されており、対象者は過去 1 か月間の食習慣を回想しながら回答を記入する形式である。記入済みの質問票に基づく各栄養素の摂取量の算出は、DHQ サポートセンター（株式会社ジェンダー・メディカル・リサーチ、東京都）によって行われた。統計解析には、密度法（各栄養素の摂取量を総エネルギー量で除し、1000kcal 当たりで調整）により算出したエネルギー調整値を使用した。なお、BDHQ はこれまでに妥当性が確認されている^{15, 16)}。

統計解析

主要評価項目の比較には、Wilcoxon の符号付き順位検定を用いた。さらに、副次評価には Spearman の順位相関係数を使用した。統計解析は、IBM SPSS Statistics Ver. 28[®] (株式会社 Stats Guild, 千葉県) を用い、有意水

準は 5%とした。なお、解析結果は、平均値 \pm SD または中央値 (25–75 パーセンタイル値) で記載した。

倫理的配慮

本研究は、ヘルシンキ宣言に則り、長崎県立大学倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：r6003, 承認日：2024 年 4 月 25 日）。なお、本研究に参加する全ての対象者に対して口頭による説明および書面による同意を得た。

結 果

対象者特性

対象者特性を Table 2 に示す。本集団の平均年齢は 55.1 \pm 15.8 歳であり、男性は 17 名 (81%) であった。また本集団における生活習慣病の有病率は、高血圧症を有する者は 9 名 (43%), 2 型糖尿病を有する者 4 名 (19%), 脂質異常症を有する者 3 名 (14%) が含まれた。なお、本集団の 1 日当たりの JA パウダー摂取量は、9.4 g/day であり、フラクタン総量は 4.2 g/day であった。摂取量については 10 g/day を目安として周知していたが、外食などによる摂取忘れにより、実際の摂取量はやや低下がみられた。

主要評価項目

JA パウダー継続摂取前後の血清脂質項目の変化を Fig. 2 に示す。まず、TG は、継続摂取前と比較して継続摂取後において統計学的な有意差を示さなかった (102.5 mg/dL vs 81.9 mg/dL, $p = 0.140$; Fig. 2-A)。一方、コレステロールの項目については、TC が摂取前後でそれぞれ 242 mg/dL から 232 mg/dL へと有意な差を認めた

Table 2. Characteristics of the subject

	All subjects (n = 21)
Age (years)	55.1 \pm 15.8
Height (cm)	165.2 \pm 9.8
Men n (%)	17 (81)
Weight (kg)	65.4 \pm 11.9
BMI (kg/m ²)	23.8 \pm 3.1
Type 2 diabetes n (%)	4 (19)
Hypertension n (%)	9 (43)
Dyslipidemia n (%)	3 (14)
The intake of JA powder (g/day) [†]	9.4 (8.6–10.0)
The intake converted to inulin (g/day)	4.2 (3.8–4.4)
Nutritional intake	
Energy (kcal/day)	1965 (1631–2766)
Energy (kcal/day/BW)	30.6 (22.1–43.2)
Protein (g/day)	68 (51–101)
P ratio (%E)	14 (12–17)
Fat (g/day)	59 (40–91)
F ratio (%E)	27 (22–32)
Carbohydrate (g/day)	244 (213–306)
C ratio (%E)	59 (52–64)

The data were expressed as mean \pm SD or median (25–75 % tile).
[†]The average daily intake.

($p = 0.008$; Fig 2-B)。また、LDL-Cにおいても継続摂取前後で有意な変化を認めた (161 mg/dL vs 149 mg/dL, $p = 0.006$; Fig. 2-D)。一方で、HDL-Cは継続摂取前後で統計学的な有意差を認めなかつたが (56 mg/dL vs 57 mg/dL, $p = 0.149$; Fig. 2-C), LH ratioについては、継続摂取前後で有意な差を示した (2.9 vs 2.6, $p = 0.010$; Fig. 2-E)。

体組成項目は、継続摂取前後でいずれも有意な差はなかった (Table 3)。さらに、排便状況を評価したブリストルスケールのタイプは、継続摂取前後で有意な差は認めなかつた (Table 3)。

副次的評価項目

継続摂取前後において有意な差を認めたTC, LDL-Cお

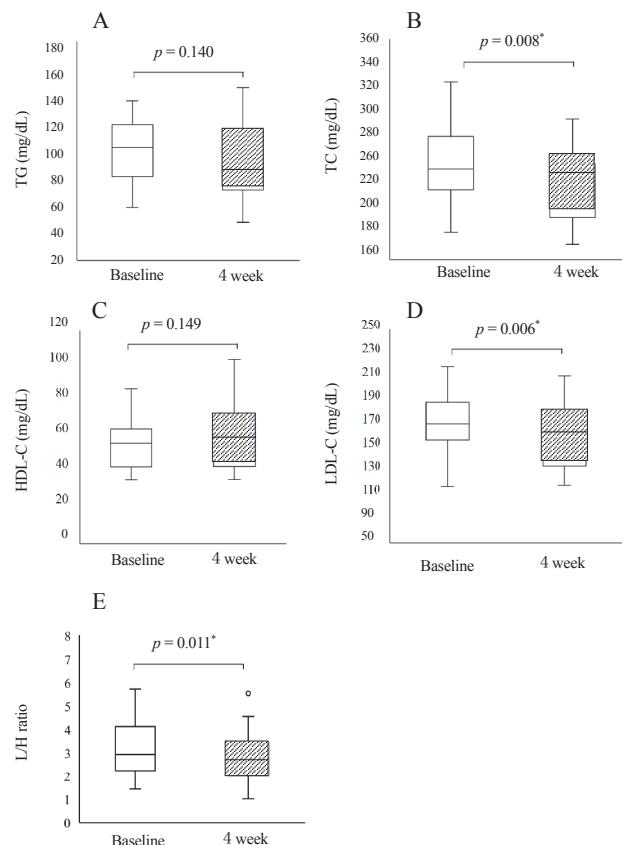


Fig. 2 Comparison of serum lipid items before and after JA powder intake

□ : Baseline, ▨ : 4 week. n = 21. * $p < 0.01$

よびLH ratioについて、継続摂取前後の Δ （変化率）を算出し、継続摂取前の炭水化物および脂質摂取量の各項目と、 Δ TC, Δ LDL-C, Δ LH ratioとの関連を評価した。その結果、 Δ TC, Δ LDL-C, Δ LH ratioと介入前の炭水化物摂取量 (g/day), 炭水化物エネルギー比率 (C比 : %E) に有意な相関関係は認めなかつた (Table 4)。また、各 Δ 血清脂質項目と、介入前の脂質摂取量 (g/day), 脂肪エネルギー比率 (F比 : %E) においても炭水化物摂取量と同様に有意な差を認めなかつた (Table 4)。

考 察

本研究では、JAパウダー 10 g/日 (フラクタン総量 4.4 g/日) の継続摂取が脂質代謝に及ぼす影響を評価するため、4週間の介入研究を実施した。その結果、主要評価項目である継続摂取前後のTCならびにLDL-Cに有意な変化を認めた。

ヒトを対象とした研究では、JAを原料とした加工食品 (JA顆粒 9 g/day) を8週間投与した臨床試験では、TGおよびTCの項目は測定前の数値が高い者において低減傾向を認めている⁵⁾。また、脂質異常のない若年男性においても短期間 (4週間) のイヌリン含有シリアルの摂取にて、TGおよびTCの低下を示したことが報告されている¹⁷⁾。さらに、メタアナリシスにおいても、生活習慣病を含む集団においてLDL-Cの低下に寄与することが示されている¹⁸⁾。このことから、本研究の結果は、先行研究と類似していると考えられる。本研究で用いたJAパウダーによる血清脂質の変化をもたらした要因として、複合的な因子が関連していると推察される。第一に、JAパウダーの主成分であるイヌリン摂取により、胆汁および便への脂質排泄が増加した可能性が考えられる。食事誘発性肥満マウスを用いたでは、イヌリン (0.2 g/日) の継続摂取により糞便中の脂質排泄量が増加し、肝臓脂質含有量を減少させ、VLDL分泌に関与する遺伝子 *Apob* の発現が変化することが報告されている¹⁹⁾。また、肥満モデルラットにプレバイオティクス繊維 (イヌリンを含む) を添加した飼料を摂取させた場合、血清TC低下および盲腸内容物のTC増加を認めている²⁰⁾。本研究ではBristol Stool Form Scaleによる便形状の評価を行ったが、摂取前後で有意な変化は認め

Table 3. Comparison of body composition and defecation before and after JA powder intake

	Baseline (n = 21)	4 weeks later (n = 21)	p-value
Weight (kg)	60.7 (57.0–75.6)	61.4 (56.2–75.1)	0.197
BMI (kg/m ²)	23.6 (21.4–26.0)	23.7 (21.1–26.1)	0.269
Body fat mass (kg)	14.4 (11.1–20.8)	14.6 (11.2–19.5)	0.324
Body fat (%)	22.7 (20.4–27.8)	22.0 (20.3–26.7)	0.643
Waist circumference (cm)	80.4 (75.7–89.4)	80.2 (76.6–87.4)	0.497
Bowel movement frequency (times/wk)	4.0 (4.0–5.0)	4.0 (4.0–5.0)	0.157
Stool consistency (type)	4.0 (4.0–4.0)	4.0 (4.0–4.5)	0.763

The data were expressed as median (25–75% tile). wk: week.

Table 4. Correlation between each nutrient intake and ΔTC, ΔLDL-C, ΔLH ratio

	Fat (g/day)	F ratio (%E)	CH (g/day)	C ratio (%E)
ΔTC (%)	-0.045 ($\rho = 0.845$)	0.179 ($\rho = 0.437$)	0.012 ($\rho = 0.929$)	-0.110 ($\rho = 0.634$)
ΔLDL-C (%)	0.012 ($\rho = 0.960$)	0.139 ($\rho = 0.548$)	0.164 ($\rho = 0.478$)	-0.079 ($\rho = 0.733$)
ΔLH ratio (%)	0.097 ($\rho = 0.674$)	0.186 ($\rho = 0.420$)	0.149 ($\rho = 0.518$)	-0.138 ($\rho = 0.552$)

n = 21. CH: Carbohydrate. The table shows correlation coefficients.

られなかった。しかしながら、糞便中の脂質排泄量を測定していないため、今後この点を含めた分析が必要であると考えられる。第二に、プレバイオティクスのひとつであるイヌリン摂取による腸内環境の変化も要因の一つであると推測される。プレバイオティクスは大腸内の特定の細菌の増殖および活性を選択的に変化させ、宿主の腸内環境を改善する機能性食品成分として注目されている²¹⁾。また、イヌリンは水溶性食物纖維であり、腸内細菌による発酵、分解を受けることで短鎖脂肪酸 (SCFA) 产生が促進され、SCFA そのものが肝臓でのコレステロール合成を抑制することが報告されている²²⁾。このような機序が JA パウダーにより誘発されていたかについては本研究では不明であるが、今後は糞便中の SCFA 測定も含めた検討により明らかにしていく必要がある。また、JA にはこれまで考察で述べたイヌリン以外にもポリフェノール類をはじめとする多様な機能性成分が含まれており²³⁻²⁵⁾、これらの成分が複合的に生理作用をもたらした可能性も考えられる。

一方、本研究においては、TG に有意な変化を認めなかっただ。動物実験においては、イヌリンによる TG 低下作用を示す主な機序として、肝臓における脂肪酸合成の阻害が挙げられている²⁶⁾。しかし、この経路は高炭水化物食を摂取しない限りヒトでは比較的不活性であるとの報告もみられる²⁶⁾。本研究の対象者においては BDHQ の結果からも、日本人の食事摂取基準におけるエネルギー産生栄養素バランスの範囲内であり²⁷⁾、明らかな高糖質、高脂質食の者はいなかった。したがって、先行研究を踏まえると、本研究では極端な高糖質食を摂取する集団でなかたことから、本研究で用いた JA パウダーによる脂肪酸合成阻害が作動せず、血清 TG に変化がなかった可能性も考えられる。動物実験では食餌内容を統一できるため栄養摂取量の変動が少ないものの、本研究のようにヒトを対象とした場合、日常的な食習慣に個人差があるため、TG の変化に明確な傾向が見られなかつた可能性がある。一般的にコレステロール値は前日の食事の影響を受けにくくとされているが、TG は前日の食事内容による影響を受けやすい項目であることが知られている。本研究では、絶食時間の条件は設けていたが、前日の食事内容については指定していなかつたことも一要因であると推測される。また、本研究では HDL-C に有意な差を認めなかつた。メタアナリシスでも LDL-C および TG の低下に対する有用性が示唆される一方、HDL-C に関する有用性については言及されていな

い²⁸⁾。これらの結果を踏まえると、JA パウダーが HDL-C に与える影響は限定的である可能性が示唆される。ヒトおよび動物を対象とした JA やイヌリンに関する多くの研究が報告されているが、結果は一貫しておらず、その要因の一つとして、対象集団の背景、JA またはイヌリンの摂取量、摂取期間、ならびに対象者の栄養素等の摂取状況の違いが影響しているものと考えられる。

さらに、副次的評価項目である炭水化物および脂質摂取量と ΔTC および ΔLDL-C, ΔLH ratio については、いずれの項目においても有意な関連は認められなかつた。基礎研究においては、高炭水化物食かつ高脂質食にイヌリンを添加した群において肝臓内の TC および TC の上昇が抑制されたとの報告がある¹²⁾。したがって、日常的に炭水化物や脂質の摂取量が多い者においては、JA パウダーによる血清脂質への影響がより顕著に現れるではないかと仮定していたが、その傾向は認められなかつた。本集団の対象者における栄養素等摂取状況は前述のように明らかな高糖質、高脂質食の者はおらず、エネルギー産生栄養素バランスが基準範囲内であった。このような食習慣下においては、栄養摂取状況の違いが JA パウダーの脂質代謝作用に影響をもたらす可能性は低いことが示唆された。ヒトにおいて栄養素等摂取量とイヌリンの効果をより明確にするためには、食事摂取量の摂取条件をより明確に設定し、JA パウダーの効果に対する影響を詳細に検討する必要がある。

本研究は、JA 加工品の継続摂取が血清脂質に及ぼす影響を評価した貴重な資料である。しかし、本研究には以下の研究限界が存在する。第一に、対象者数が少ないとある。今後は対象者数を増やした検討が必要である。第二に、JA パウダーの摂取方法が統一されていない点である。また、JA パウダーを用いた他の臨床研究では、朝の摂取において糖代謝および腸内細菌叢の改善がより効果的であることが示唆されている⁴⁾。これらの結果からも、今後は摂取タイミングを考慮した検討が求められる。第三に、生活習慣病を有する者も含まれている点である。本検討では、脂質異常症を有する者を除外した検討も行ったが本研究の結果と相違点はなかつた（データの提示はない）。対象者数の点からも結果を一般化するには、調査対象者を増加し、生活習慣病の有無、あるいは摂取前の LDL-C や TG 値でグループを分けた解析が必要である。最後に、JA パウダー摂取期間中の食事からのエネルギー摂取量が一定でない点も研究限界の1つである。以上を踏まえ、今後の更な

る検討を実施する必要がある。

謝 辞

本研究の測定にご協力いただきました長崎県立大学看護栄養学部栄養健康学科、生活習慣病医療学研究室の学生の皆様に深く感謝申し上げます。また、JA パウダーをご提供いただいた大島造船株式会社ならびに、本研究にご参加いただきました対象者の皆様に心より御礼申し上げます。

利益相反

全ての著者に開示すべき利益相反関係はない。

文 献

- 1) Bhagia S, Ferreira JFS, Kothari N, Nunez A, Liu X, da Silva Dias N, Suarez DL, Kumar R, Wyman CE (2018) Sugar yield and composition of tubers from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus*) irrigated with saline waters. *Biotechnol Bioeng* 115 (6): 1475-1484.
- 2) Qin YQ, Wang LY, Yang XY, Xu YJ, Fan G, Fan YG, Ren JN, An Q, Li X (2023) Inulin: properties and health benefits. *Food Funct* 14 (7): 2948-2968.
- 3) 名嶋真智, 白川太郎, 植木音羽 (2018) 菊芋による食後血糖値上昇抑制効果; 健常者に限定した再統計解析: 無作為化プラセボ対照二重盲検並行群間比較試験. *診療と新薬* 55: 605-612.
- 4) Kim HK, Chijiki H, Nanba T, Ozaki M, Sasaki H, Takahashi M, Shibata S (2020) Ingestion of *Helianthus tuberosus* at Breakfast Rather Than at Dinner Is More Effective for Suppressing Glucose Levels and Improving the Intestinal Microbiota in Older Adults. *Nutrients* 12 (10): 3035.
- 5) 横山健二, 今井修 (2008) キクイモを減量とした機能性に富む加工食品の製造技術の開発. 富山県食品研究所報告 6: 15-23.
- 6) Li L, Li P, Xu L (2021) Assessing the effects of inulin-type fructan intake on body weight, blood glucose, and lipid profile: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Food Sci Nutr* 9 (8): 4598-4616.
- 7) Trautwein EA, Rieckhoff D, Erbersdobler HF (1998) Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliary bile acid profile in hamsters. *J Nutr* 128 (11): 1937-1943.
- 8) Russo F, Riezzo G, Chiloiro M, De Michele G, Chimienti G, Marconi E, D'Attoma B, Linsalata M, Clemente C (2010) Metabolic effects of a diet with inulin-enriched pasta in healthy young volunteers. *Curr Pharm Des* 16 (7): 825-831.
- 9) Davidson, MH., Maki, KC, Synecki, C, Torri, SA, Drennan, KB (1998) Effects of dietary inulin on serum lipids in men and women with hypercholesterolemia. *Nutrition Research* 18: 503-517.
- 10) Forcheron F, Beylot M (2007) Long-term administration of inulin-type fructans has no significant lipid-lowering effect in normolipidemic humans. *Metabolism* 56 (8): 1093-1208.
- 11) Han KH, Yamamoto A, Shimada KI, Kikuchi H, Fukushima M (2017) Dietary fat content modulates the hypolipidemic effect of dietary inulin in rats. *Mol Nutr Food Res* 61(8). doi: 10.1002/mnfr. 201600635.
- 12) Sugatani J, Osabe M, Wada T, Yamakawa K, Yamazaki Y, Takahashi T, Ikari A, Miwa M (2008) Comparison of enzymatically synthesized inulin, resistant maltodextrin and clofibrate effects on biomarkers of metabolic disease in rats fed a high-fat and high-sucrose (cafeteria) diet. *Eur J Nutr* 47 (4): 192-200.
- 13) Okada A, Yasunaga H (2022) Prevalence of Non-communicable Diseases in Japan Using a Newly Developed Administrative Claims Database Covering Young, Middle-aged, and Elderly People. *JMA J* 5(2): 190-198.
- 14) O'Donnell LJ, Virjee J, Heaton KW (1990) Detection of pseudodiarrhoea by simple clinical assessment of intestinal transit rate. *BMJ* 300 (6722): 439-40.
- 15) Kobayashi S, Honda S, Murakami K, Sasaki S, Okubo H, Hirota N, Notsu A, Fukui M, Date C (2012) Both comprehensive and brief self-administered diet history questionnaires satisfactorily rank nutrient intakes in Japanese adults. *J Epidemiol* 22(2): 151-159.
- 16) Kobayashi S, Murakami K, Sasaki S, Okubo H, Hirota N, Notsu A, Fukui M, Date C (2011) Comparison of relative validity of food group intakes estimated by comprehensive and brief-type self-administered diet history questionnaires against 16 d dietary records in Japanese adults. *Public Health Nutr* 14 (7): 1200-1211.
- 17) Brighenti F, Casiraghi MC, Canzi E, Ferrari A (1999) Effect of consumption of a ready-to-eat breakfast cereal containing inulin on the intestinal milieu and blood lipids in healthy male volunteers. *Eur J Clin Nutr* 53 (9): 726-733.
- 18) Liu F, Prabhakar M, Ju J, Long H, Zhou HW (2017) Effect of inulin-type fructans on blood lipid profile

- and glucose level: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Clin Nutr* 71 (1): 9–20.
- 19) Sophie Hiel, Audrey M Neyrinck, Julie Rodriguez, Barbara D Pachikian, Caroline Bouzin, Jean-Paul Thissen, Patrice D Cani, Laure B Bindels, Nathalie M Delzenne (2018) Inulin Improves Postprandial Hypertriglyceridemia by Modulating Gene Expression in the Small Intestine. *Nutrients* 10 (5): 532, 2018.
- 20) Parnell JA, Reimer RA (2010) Effect of prebiotic fibre supplementation on hepatic gene expression and serum lipids: a dose-response study in JCR-LA-cp rats. *Br J Nutr* 103(11): 1577–1584.
- 21) Gibson GR, Roberfroid MB (1995) Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 125(6): 1401–1412.
- 22) Hara H, Haga S, Kasai T, Kiriyama S (1998) Fermentation products of sugar-beet fiber by cecal bacteria lower plasma cholesterol concentration in rats. *J Nutr* 128 (4): 688–693.
- 23) Cabello-Hurtado FF, Jorrin, JV, Werck-Reucggart D (1998) Coumarins in *Helianthus tuberosus*: characterization, induced accumulation and biosynthesis. *Phytochem* 49: 1029–1036.
- 24) Kapusta, I, Krok, ES, Jamro DB., Cebulak, T, Kaszuba J, Salach RT (2013) Identification and quantification of phenolic compounds from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *J Food Agric. Environ.* 11: 601–606.
- 25) Suseelan, KN, Mitra R, Pandey R, Sainis KB, Krishna TG (2002) Purification and characterization of a lectin from wild sunflower (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *Arch. Biochem. Biophys* 407: 241–247.
- 26) Williams CM (1999) Effects of inulin on lipid parameters in humans. *J Nutr* 129 (7): 1471 S-3 S.
- 27) Talukdar JR, Cooper M, Lyutvyn L, Zeraatkar D, Ali R, Berbrier R, Janes S, Ha V, Darling PB, Xue M, Chu A, Chowdhury F, Harnack HE, Huang L, Malik M, Powless J, Lavergne FV, Zhang X, Ehrlich S, Jenkins DJ, Sievenpiper JL, Banfield L, Mbuagbaw L, de Souza RJ (2024) The effects of inulin-type fructans on cardiovascular disease risk factors: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 119 (2): 496–510.
- 28) 厚生労働省. エネルギー産生栄養素バランス「日本人の食事摂取基準（2025年版）」策定検討会報告書: pp145–149.
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_44138.html
(2025年6月16日閲覧)