

おから添加食が呼気中水素及び人体に及ぼす影響

加賀谷みえ子*・北河柚香*・草野美央*・河合潤子*

Effects of Okara-containing meal for the breath hydrogen and the human body

Mieko KAGAYA, Yuka KITAGAWA, Mio KUSANO and Junko KAWAI

1. 緒言

戦後、日本では「食の欧米化」が進行し、生活習慣病や悪性新生物の罹患率が増加の一途をたどっている。現在、我が国の死因の第一は悪性新生物であり、健康日本21（第2次）では日本人の癌リスクを高める要因として野菜・果実不足などを挙げ、栄養・食生活の改善を目標の一つとしている¹⁾。近年、食物繊維とその健康維持および疾病リスク軽減に関する知識は飛躍的に進展した²⁾。

食物繊維は、日本食品標準成分表2015（七訂）では「ヒトの消化酵素で消化されない食品中の難消化性成分の総体」と定義され³⁾、生態に及ぼす機能については、多くの研究が行われている。現時点では、食物繊維の摂取による効果は、便秘改善⁴⁾、血中コレステロール濃度上昇抑制⁵⁾、血糖値上昇抑制⁶⁾、有用菌の増殖作用⁷⁾、発癌物質の吸着作用⁸⁾などが認められている。

平成29年の国民健康・栄養調査⁹⁾によると、女性（20～29歳）の食物繊維摂取量は12.3gであり、日本人の食事摂取基準（2015年版）¹⁰⁾の女性（18～29歳）の目標量である18gと比較し、摂取量は大幅に低値であった。日常的に摂取される糖質や食物繊維の炭水化物のうち約20%は胃や小腸では消化吸収されず、そのまま大腸に到達すると言われている¹¹⁾。ヒトの大腸内には数百種類もの腸内細菌が常在し、未消化の炭水化物は腸内細菌叢によって発酵を受け、代謝産物として、二酸化炭素、水素、メタンあるいは短鎖脂肪酸を産生する¹²⁾。発生した水素ガスは直ちに腸粘膜から血液中に溶け込み、血液循環を介して肺胞に拡散し、その一部の約14%が呼気中に排出される。呼気中の水素量は結腸内の炭水化物分解のよい指標となる^{13,14)}としている。そこでこのメカニズムを利用して、呼気中の水素を採取し、呼気中水素濃度を測定することによって、腸内発酵の程度や小腸通過時間¹⁵⁻²¹⁾の推定ができる。

近年、おからが抗酸化作用を示し²²⁾、食物繊維が癌予防効果となる²³⁾など食物繊維の摂取が注目されている。おからは豆腐の製造工程において、大豆から豆乳を絞った際に出

* 生活科学部 管理栄養学科

来る副産物であり、また、安価な食品である。現在では、年間約66万tのおからが生産されているが、そのうち90%が飼料用・肥料用、約5~9%が産業廃棄物を占め、食品用はわずか1%以下である²⁴⁾。そこで本研究では、日本人に不足している栄養素を補うおからを用いた試験食を考案してヒトに経口投与し、人体に及ぼす影響を調べる目的で実験を試みた。経時的に呼気中水素濃度及び自覚症状を追跡し、呼気中水素濃度、呼気中水素総排出量小腸通過時間、自覚症状及び血糖値を測定し、比較・検討を行い、若干の知見を得たので報告する。

2. 方法

(1) 被験者

被験者は健常若年女性11名の非喫煙者(平均年齢 21.6 ± 0.15 歳, 平均身長 156.2 ± 2.18 cm, 平均体重 49.8 ± 2.93 kg, 平均BMI 21.6 ± 0.15 kg/m²), を対象とした。さらに呼気ガス分析で水素・メタン測定を行い、メタン産生がない者とした。本研究は、事前に相山女学園大学倫理委員会の承認(承認番号2016-28)を得た。なお、被験者には研究の目的や実施内容について説明を行い、同意を得た者には自筆の同意書の提出を求めた。

(2) 実験方法

おから試験食は成人女性20歳代の1食分に相当するエネルギー量を約600kcalになるように設定した。各試験食の栄養価計算は文部科学省「日本食品標準成分表2015年版(七訂)」の値を用いて算出した。試験食の1人分の食材量及び栄養価は表1および表2に示した。

1) 試験食の調製

試験食は主食、副食を組み合わせた一食分とした。主食はおからの有用性を検討するため、おから添加有無の2種類のマフィンを作成した。使用食材はおからパウダー(株式会社富澤商店)、薄力小麦粉(日清フーズ株式会社)、牛乳(株式会社明治)、無塩バター(よつ葉乳業株式会社)、ヨーグルト(株式会社明治)、卵(市販品:株式会社満春)、ベーキングパウダー(株式会社アイコク)、アーモンドパウダー(共立食品株式会社)、上白糖(三井製糖株式会社)、いちごジャム(アヲハタ株式会社)を使用した。マフィンはふるったおからパウダーと薄力小麦粉、ベーキングパウダー、アーモンドパウダーに、無塩バター、上白糖、卵、ヨーグルトを混ぜたものと、牛乳を交互に入れ混ぜ合わせた。その後、縦10cm、横20cm、高さ6cmのパウンド型に入れ、電気オーブンで170℃、40分間焼き上げた。その他副食には①ジャーマンポテト、②ささみとパプリカのマリネ③キャベジスープ、④ピーチゼリー(ハウス食品株式会社YSH)を組み合わせた。副食(主食以外)の①ジャーマンポテトはじゃがいもをいちょう切りにし茹でた。たまねぎはくし切り、ハムは短冊切り、パセリはみじん切りにし、茹でたじゃがいもと共に油で炒め、乾燥コンソメと食塩、こしょうで調味した。上からパセリを散らした。②ささみとパプリカのマリネは、赤パプリカ、黄パプリカ、たまねぎをスライサーで薄切りにした。パセリはみじん切り、ささみは酒と塩にふり臭みを取った後、茹でて、細かく裂いた。それらを料理酒、上白糖、食塩、穀物酢、レモン汁、食塩、こしょうで調味した。③キャベジスープは、料理酒、片栗粉、乾燥コンソメスープ、食塩、こしょうで調味した。細切りにしたキャベツと茹でた春雨を

おから添加食が呼気中水素及び人体に及ぼす影響

表1 試験食の内容

(1人分の重量g)

献立名	材料	試験食A	試験食B	献立名	材料	試験食A	試験食B
〈主食〉					黄パプリカ	10	10
マフィン	おからパウダー	15	0		たまねぎ	20	20
	薄力小麦粉	15	32		若鶏・ささ身	30	30
	牛乳	45	45		料理酒	3	3
	無塩バター	6	6		食塩	0.01	0.01
	ヨーグルト	3	3		上白糖	1	1
	卵	30	30		穀物酢	1	1
	ベーキングパウダー	2.25	2.25		レモン汁	4	4
	アーモンドパウダー	1.5	1.5		食塩	0.4	0.4
	上白糖	9	9		こしょう	0.01	0.01
ジャム	いちごジャム	20	20		パセリ	0.1	0.1
〈副食〉				キャベジスープ	キャベツ	15	15
ジャーマンポテト	じゃがいも	60	60		はるさめ	10	10
	たまねぎ	10	10		しょうが	0.5	0.5
	ロースハム	17	17		料理酒	3	3
	パセリ	0.05	0.05		片栗粉	2	2
	乾燥コンソメ	0.2	0.2		乾燥コンソメ	1.5	1.5
	食塩	0.1	0.1		食塩	0.2	0.2
	こしょう	0.01	0.01		こしょう	0.01	0.01
	油	2	2	ももゼリー	ピーチゼリー	60	60
ささみとパプリカのマリネ	赤パプリカ	10	10	合計	398	400	

表2 試験食A, 試験食Bおよび調整食の栄養価

区分	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	食物繊維総量 (g)	食塩相当量 (g)
試験食A	591	21.9	17.8	83.8	9.9	2.5
試験食B	590	19.9	16.1	88.8	3.8	2.5
前日調整食	571	25.5	12.0	86.3	3.1	3.0
当日調整食	565	12.5	1.9	118.7	1.0	0.3

加えて加熱した。

2) 実験条件

試験食はおから添加マフィン（以下試験食Aと称す）とおから無添加マフィン（以下試験食Bと称す）を主食とする2種類とした。それぞれの試験食の摂取前後で呼気中水素濃度、血糖値、自覚症状を測定した。試験食Aと試験食Bの実験は生理期間中を除く、別日に実施した。実験前日には全員が同一の前日調整食（牛乳、乳製品、大豆・大豆製品、ごぼう、こんにゃく等の繊維食、アルコールといった呼気中水素の発生に影響を及ぼす可能性のある食品を使用せず、食物繊維量は3.3gのもの）を18時に摂取し、その後翌朝9時まで絶食とした。その間、ミネラルウォーター（555ml:コカコーラ カスタマーマーケティング株）のみ摂取可能とした。また、当日の調整食は15時に軽食として鮭おにぎり（平成28年度産三重県産コシヒカリの白飯160g、2個）を提供した。いずれの実験も単回試験

で行った。

3) 呼気サンプル採集法および測定法

呼気の採集法は、再現性を確認した上で、最も呼気中水素濃度が高値となる「普通に呼吸して、鼻をつまんで10秒間息をこらえた後、吐き出す」採集法で終末呼気をコレクションバックに採集した。採集した終末呼気はストップコック付きシリンジに10ml移し、呼気水素、メタン分析装置（BGA-1000D：株式会社呼気生化学栄養代謝研究所）に注入し、水素濃度を測定した。

4) 呼気ガス分析の条件設定

実験当日は試験食摂取前（0分）の呼気を採集し、直ちに朝9時に試験食を15分以内に摂取してもらった。その後は15分間隔で8時間まで呼気を採集した。なお、実験時間が長時間になるため開始360分経過後に当日調整食を軽食として鮭おにぎりを摂取してもらった。実験中は積極的な運動は避け、リラックスした状態で過ごし、眠らないよう指示した。採気採集時の姿勢は安静座位とした。

5) 小腸通過時間

食物が口から入り大腸に至るまでの時間を「口盲腸通過時間」（以下小腸通過時間と称す）として、次のように定義した。呼気中の水素濃度は、一度上昇し、その後下降する。そして再び上昇してくる。最初の食物摂取直後の上昇は先に摂取した小腸内の食物が、次の食物摂取による胃回腸反射により大腸に入るため²⁵⁾、二度目の上昇が新しく摂取した食物の大腸への流入を示すと考えられる。そこで二度目の上昇が、実験で摂取した試験食の影響が示されるとした。

本研究では小腸通過時間は先行研究の推定条件に準じ、呼気中水素濃度を追跡することにより、二度目の上昇において3回連続して3ppm以上の上昇がみられる最初の時点までの時間を小腸通過時間とした。

6) 呼気中水素総排出量

呼気中水素ガスの増加は摂取した食物繊維の発酵性をみる方法¹⁴⁾となっており、呼気中水素総排出量は小腸内の腸内細菌叢による炭水化物の発酵の総量に比例し、糖類の消化吸収を表す指標となる。本研究ではこの数値を呼気中水素濃度の経時変化から、呼気中水素濃度ppm×時間minにより総面積を15分間隔ごとに台形面積で算出し、累積面積（AUC: Area Under the Curve）の合計値で求めた²⁶⁾。AUCは次式のように求めた。 $AUC = (c_1 + c_2) \times t/2 + \dots + (c_{n-1} + c_n) \times t/2$ 。c₁は初期値、c₂は開始15分後の値.... c_nは最終値の水素濃度を表し、tは時間（15分）を表す。

7) 自覚症状しらべ

実験時間内の自覚症状の変動を時間経過ごとに追跡することにより、対象者の主観的感覚の変化を客観的に数値化し測定した。自覚症状の測定項目は11項目（空腹感、満腹感、吐き気、頭痛、眠気、疲労感、ガスが出る、腹が張る、腹痛がある、腹がなる、便意を感じるの）を実験開始から終了までの480分間、15分毎に記入を依頼した。自覚症状の記入は、被験者に記録用紙を配布し、被験者の測定時に感じたままの強さを10cmのスケール（VAS: visual analogue scale）上に○でマークを付けてもらった。VASは症状の出現が最大時（自覚症状が非常に強い）を10cm、最小時（自覚症状なし）を0 cmとし、各自が判定し記入してもらった。0cmから○の中心点までの長さを自覚症状の強さのレベルとした。

8) 血糖測定

血糖値は穿刺器にセットした穿刺針をエタノール消毒した被験者の指先に穿刺後、一定量の血液をグルコース測定用試験紙に採取し、自己検査用グルコース測定器ACCU-CHEK Aviva Nana（ロシュ・ダイアノグノスティック株式会社製）で自動測定した。なお、穿刺器は被験者用1人1台専用のものを用意して行った。測定回数は試験食摂取前の0分、試験食摂取後の30分、60分、90分、120分、150分、240分、360分時点の計8回とした。

9) 統計処理

結果はすべて平均値±標準誤差で示した。統計処理はMicrosoft Excelのデータ分析ツールを用いて、呼気中水素濃度、血糖値、自覚症状を二元配置分散分析、小腸通過時間と呼気中水素濃度総排出量をStudent's t-testで検定を行った。いずれも有意水準5%未満を有意差があると判定した。

3. 結果

(1) 呼気中水素濃度および小腸通過時間

試験食A摂取前の呼気中水素濃度（図1）は 5.8 ± 1.26 ppmであり、摂取後15分毎の測定結果の平均動態では、いずれの被験者も初期値以上の上昇がみられた。摂取後180分以降から緩やかに上昇し、405分で最大値の 35.5 ± 4.54 ppmまで上昇した。試験食Bの摂取前の呼気中水素濃度は 3.6 ± 0.82 ppmであり、摂取後15分毎の測定結果の平均動態では、摂取後180分以降から緩やかに上昇し、最大値は405分に確認された 17.2 ± 3.42 ppmであった。試験食AB群間の有意性を検証したところ、二元配置分散分析の行間変動（試験食間変動）では試験食Aは試験食Bに比べて、呼気中水素が有意（ $p < 0.001$ ）に上昇し、列間変動（時間変動）においても顕著な差（ $p < 0.001$ ）が確認できた。試験食摂取8時間までに排出された呼気中水素総排出量（図2）は試験食Aでは 8008.6 ± 647.1 ppm×min、試験

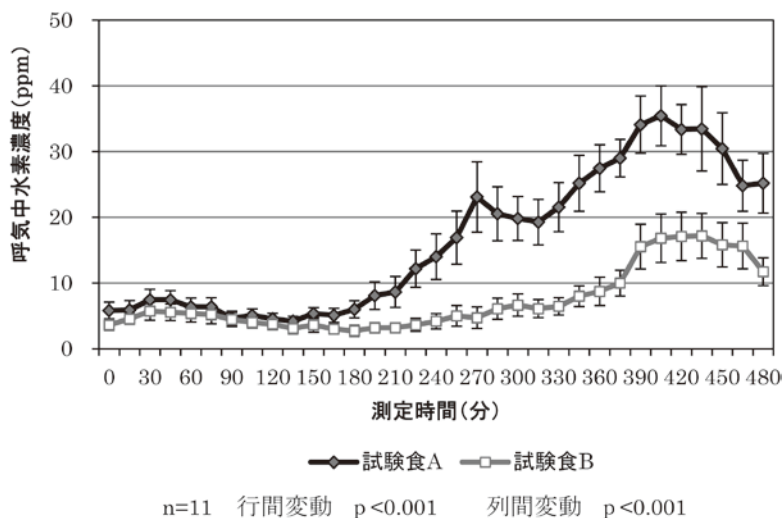


図1 呼気中水素濃度の時間的推移

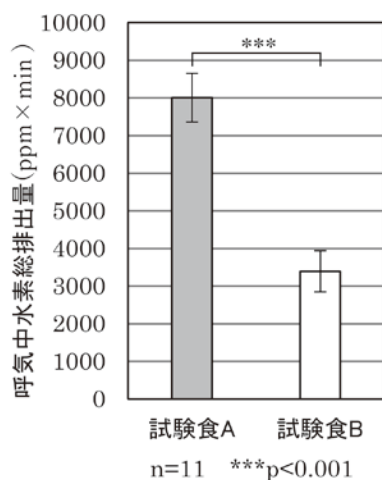


図2 試験食摂取8時間までの呼気中水素総排出量

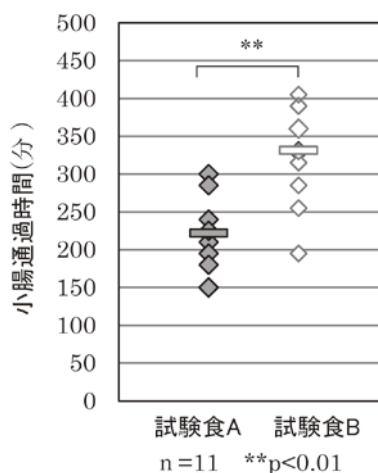


図3 小腸通過時間の分布

食Bでは $3576.8 \pm 544.5 \text{ ppm} \times \text{min}$ となり、試験食Aは試験食Bの約2.2倍の排出量で顕著に高値となった ($p < 0.001$)。

未消化の炭水化物の先端部が大腸に到達する小腸通過時間 (図3) をみると、試験食AB群間を比較すると、試験食Aの 222.3 ± 15.0 分は試験食Bの 331.4 ± 19.8 分に比べて有意に109分短かった ($p < 0.01$)。

(2) 自覚症状

自覚症状 (表3) を症状別に比較したところ、試験食Bは試験食Aに比べて「空腹感」は180分まで若干低値を示したが360分時点では高値を示したが有意差はみられなかった。試験食AB群間で有意差がみられなかった項目は「満腹感」、「空腹感」、「吐き気」、「眠気」、「腹痛がある」であり、類似した症状となった。満腹感と空腹感の症状で強さが逆転する時間 (図4) はいずれも240分に現れた。AB群間で有意に高値となった項目は、試験食Aでは「ガスが出る」 ($p < 0.05$)、「腹が張る」 ($p < 0.01$)、「腹が鳴る」 ($p < 0.001$)、「便意を感じる」 ($p < 0.001$) であり、試験食Bでは「頭痛」 ($p < 0.01$)、「疲労感」 ($p < 0.001$) であり、自覚症状の傾向に差がみられた。

(3) 血糖

血糖値 (図5) は試験食Aでは摂取前の0分は $92.3 \pm 2.45 \text{ mg/dl}$ 、摂取後30分は $138.5 \pm 5.19 \text{ mg/dl}$ まで上昇し、その後緩やかに下降した。被験者11名のうち9名は30分で最高値となり、2名は60分で最高値となった。試験食Bでは摂取前の0分は $91.6 \pm 2.80 \text{ mg/dl}$ 、摂取後30分は $143.3 \pm 6.06 \text{ mg/dl}$ まで上昇し、被験者全員が30分で最高値となった。試験食AB群間の時間ごとの血糖値を比較すると、試験食Aは試験食Bに比べて、いずれの値も有意に低値となった ($p < 0.01$)。

おから添加食が呼気中水素及び人体に及ぼす影響

表3 試験食Aおよび試験食Bの自覚症状の2群間比較

試験食	満腹感	空腹感	吐き気	頭痛	眠気	疲労感	ガスが出る	腹が張る	腹痛がある	腹が鳴る	便意を感じる
A・B	n.s.	n.s.	n.s.	A<B**	n.s.	A<B***	A>B*	A<B**	n.s.	A>B***	A>B**

二元配置分散分析 *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

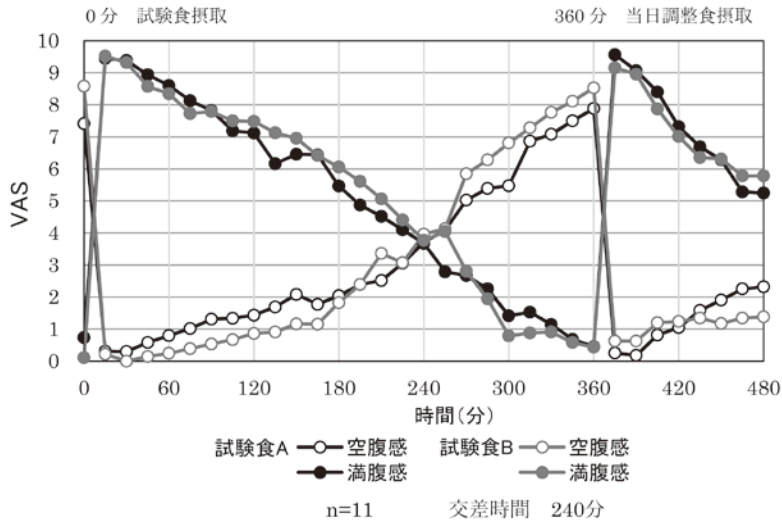


図4 空腹感と満腹感の自覚症状の時間的推移

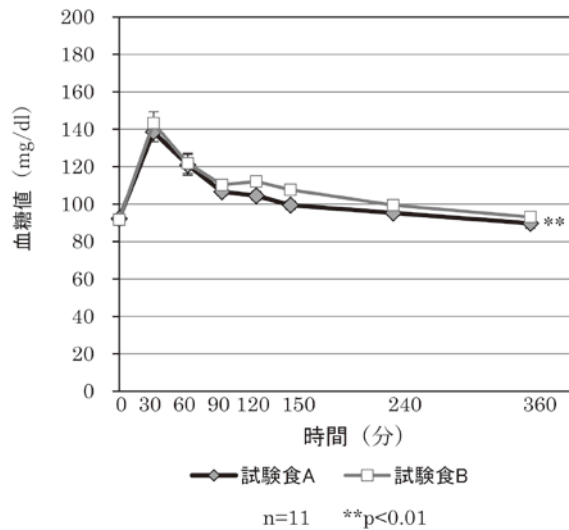


図5 血糖値の時間的推移

4. 考察

(1) 呼気中水素濃度および小腸通過時間

呼気中水素濃度の最高値は試験食Aの方が18.3ppm高かったことは、試験食Aは試験食Bに比べて食物繊維の含有量が2倍以上であり、食物繊維が大腸で発酵してできる水素が増加したためだと考えられる。小腸通過時間は、試験食Aは試験食Bに比べて平均で109分早かった。今回は食物繊維の含有量の多い試験食Aは試験食Bに比べて、小腸通過時間が短縮された。これは大腸でしか消化されない食物繊維が大腸到達までには消化を受けず、早く通過したと考えられる。また、食物繊維摂取量が多い食事では未消化の炭水化物が多く含有した場合、胃・結腸反射が起こりやすく、小腸通過時間が短くなるとの報告^{27,28)}と一致する結果が得られた。

(2) 自覚症状

自覚症状の時間的推移をみると、「空腹感」、「満腹感」は時間経過の変動が大きく、これらの症状は拮抗し、いずれの試験食も類似の症状を呈した。「空腹感」と「満腹感」のグラフの交差時間は、試験食A、試験食Bともに食後4時間であった。

おからを使った試験食Aでは試験食Bに比べて「ガスが出る」、「腹が張る」、「腹が鳴る」、「便意を感じる」の自覚症状が強く出現した。「ガスが出る」症状から推察すると、試験食Aの方で食物繊維摂取量が多く、食物繊維は腸内細菌を増やすとされていることから、試験食摂取後に腸内細菌が食物を分解した時に結腸内でガスが多く産生したと考えられる。「腹が張る」では摂取後に胃内で食物繊維が吸水膨化作用を示したために膨満感が感じられたと考える。「腹が鳴る」では腹が鳴るメカニズムは胃や腸の内容物が蠕動運動によって移動することにより、自然発生的に生ずる音と関連があると考えられる。また小腸通過時間が試験食Aで早かった結果から推察すると、試験食Aは試験食Bに比べて胃内通過が早く起こり、腹鳴が生じたと考えられる。「便意を感じる」では試験食Aに含まれる食物繊維が便秘改善作用のある不溶性食物繊維であったことが症状に影響したと考えられる。一方、試験食Bでは試験食Aに比べて「頭痛」、「疲労感」の症状が強く出現した。しかし、食物繊維量が頭痛や疲労感に影響するとは考えにくい。今後も食物繊維量と自覚症状との関連性を検討していきたい。

(3) 血糖値

試験食AB群間を比較すると、最高値は、試験食Aは試験食Bに比べて4.8mg/dl低くなった。試験食Bで有意に高値となったことから、試験食Bは試験食Aに比べて炭水化物量が若干多かったことや、試験食Aは試験食Bに比べて食物繊維量が2.6倍多かったことから血糖値の上昇抑制には食物繊維が関与したと考えられる。

5. 結論

本研究では、我が国の死因の第一であり、生活習慣病である悪性新生物の予防が期待される食物繊維量の多いおからに着目し研究を進めた。食物繊維はヒトの消化酵素では消化

されず、大腸に到達してはじめて結腸内の細菌叢により発酵反応がおこる。その際に水素が産生される。水素を体内で発生させる機序は、大腸での食物繊維発酵のみである。この水素が体内の活性酵素種を消去し、抗酸化作用を示す。本研究では朝食として2種類の試験食を考案し、摂取後の呼気中水素濃度の動向を比較した。正確なデータが得られるよう配慮するために、前日の夕食に食物繊維量の少ない調整食を被験者全員に同一時刻に摂取してもらい、その後試験開始までを絶食とした。今回、食物繊維を多く含むおから添加マフィン（試験食A）はおから無添加マフィン（試験食B）に比べて、経時的に呼気中水素濃度の上昇が起こり、呼気中水素総排出量は2.2倍量に達した。自覚症状でも試験食Aは「ガスが出る」、「腹が張る」、「腹が鳴る」、「便意を感じる」項目で有意に高値となった。また血糖値の上昇が試験食Aで有意に低かったことも食物繊維が関与したと考えられる。食生活におからを上手に取り入れることは、活性酵素種を消去し、悪性新生物をはじめとする生活習慣病の発症リスク低減に寄与する可能性が考えられる。本研究に用いたおからパウダーの活用は、小麦粉の代わりに用いることができ、また再加熱なしで直接摂取することもできるため、日常食において効率よく手軽に食物繊維量を増やすという点で有用であると考えられる。

文 献

- 1) 厚生労働省：健康日本21（第2次）
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippon21.html 令和元年8月10日（2019）
- 2) Juliet Grey: DIETARY FIBRE, ILSI Europe, 24-34（2006）
- 3) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：日本食品標準成分表2015年版（七訂）（2016）
- 4) 杉村留美子, 笹谷美恵子：排便状態の評価と食物繊維摂取量との関係, 藤女子大学紀要, 第II部, 105-109（2002）
- 5) 西村直道:食物繊維およびタウリンの血中コレステロール低下機構に関する研究, 日本栄養・食糧学会誌, 61巻, 11-19（2008）
- 6) 海老原清:食物繊維の栄養・生理機能に関する研究, 日本栄養・食糧学会誌, 61巻, 3-9（2008）
- 7) 飲食料品の機能性有効利用技術シリーズ「大豆オリゴ糖」菓子総合技術センター編, 16（1990）
- 8) 山口務:野菜, 果物中の食物繊維による有害成分の除去効果, 北陸学院短期大学紀要, 37巻, 103-117（2006）
- 9) 厚生労働省：平成29年の国民健康・栄養調査,
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/eiyuu/h29-houkoku.html 平成31年2月10日（2019）
- 10) 厚生労働省：日本人の食事摂取基準（2015年版）, 第一出版152（2014）
- 11) Stephen AM, Haddad AC, Phillips SF: Passage of Carbohydrate into the colon. Direct measurements in humans. *Gastroenterology*, 85(3), 589-95（1983）
- 12) 近藤孝晴, 藤井愁平, 野田洋平：呼気水素測定の意味, 中部大学生命健康科学研究所紀要, 9, 61-64（2012）
- 13) Pomare, E. W., Branch, W. J. and Cummings, J. H.: Carbohydrate fermentation in the human colon and its relation to acetate concentrations in venous blood. *J. Clin. Invest.*, 75, 1448-1454（1985）.

- 14) 印南 敏, 桐山修八: 改訂新版食物繊維, 第一出版株式会社, 266, (1994)
- 15) Kondo T, Liu F and Toda Y: Milk is a useful test meal for measurement of oro-cecal transit time. *J. Gastroenterology*, 29, 715-720 (1994)
- 16) Kagaya M, Iwata N, Toda Y, Mitsui T, Nakae Y and Kondo T: Cold milk accelerates ora-cecal transit time during the luteal phase but not follicular phase in women. *Nagoya Journal of Medical Science*, 62, 57-62 (1999)
- 17) Kagaya M, Iwata N, Toda Y, Nakae Y and Kondo T: Small bowel transit-time and colonic fermentation in young and elderly women. *J. Gastroenterology*, 32, 453-456 (1997)
- 18) Kondo T, Nakae Y: Breath hydrogen and methane excretion produced by commercial beverages containing dietary fiber. *J. Gastroenterology*, 31, 654-658 (1996)
- 19) 近藤孝晴, 劉鳳, 戸田安士: 日本人における呼気中メタン排出者, *総合保健体育科学*, 16, 55-57 (1993)
- 20) 青木ひかる, 加賀谷みえ子: 呼気中水素分析による朝食内容の検討, *日本食生活学会誌*, 第25巻, 第2号, 93-100 (2014)
- 21) 奥田真子, 加藤史香, 川井友貴, 加賀谷みえ子: 食物繊維食摂取が呼気中水素および人体に及ぼす影響, 第28巻, 第2号, 109-117 (2017)
- 22) 田村貴起, 竹中陽子, 竹中哲夫: おから由来水溶性抗酸化物質の精製およびその性状, *日本食品科学工学会誌*, 46巻, 303-310 (1999)
- 23) 石原淳子, 津金昌一郎: 食・栄養とがん予防: 日本のエビデンスの現状と解決に向けた方向性, *保健医療科学*, 66(6) 590-602 (2017)
- 24) 日本豆腐協会: 食品サイクル法に係る発生抑制, 日本豆腐協会, 資料2-6 (2011)
- 25) Stefan U. Christl, Peter R. Murgatroyd, Glenn R. Gibson, and John H. Cummings. Production, Metabolism, and Excretion of Hydrogen in the Large Intestine. *Gastroenterology*; 102: 1269-1277 (1992)
- 26) JJ Rumessen, O Hamberg, E Gudmand-Hoyer Interval sampling of end-expiratory hydrogen (H₂) concentrations to quantify carbohydrate malabsorption by means of lactulose standards. *Gut*; 31, 37-42 (1990)
- 27) 細田誠弥: 生活習慣と排便異常, *順天堂医学*, 50, 330-337 (2004)
- 28) Burkitt D, Walkwe A.R.P and N.Painter: Effect of dietary fiber on stools and transit-times, and its role in the causation of disease. *Lancet*, 30, 1408-1411 (1972)