

新規食用種子の機能性

——メタボリックシンドローム予防の可能性を探る——

福田 知里¹, 岡田 悦政²

Functionality of new edible seeds

——Exploring the potential to prevent metabolic syndrome——

Chisato Fukuda¹, Yoshinori Okada²

欧米諸国における健康や食に対する意識の高まる中、我が国においても栄養価が高く、有効成分が多い食品に注目が集まっている。近年、それらの食品は「スーパーフード」と呼ばれ、ヘルシー志向の人々の間で人気となっている。スーパーフードとは新規の特別な食品ではなく、その多くは世界各地において太古の昔より食用とされてきた植物であり、くるみ、アーモンド、ゴマ等、種子が多い。種子は豊富な食物繊維と良質なタンパク質や脂質を含み、種子自身を酸化ストレスから守るための様々な抗酸化物質を持つ。それらの性質により、血糖値や中性脂肪の低下、抗酸化、抗炎症などメタボリックシンドロームの症状緩和に繋がるような機能がみられる。本総論ではスーパーフードの中から、日本においてはほとんど紹介されていないキヌア、アマランサス、チアシード、モリンガの特徴と機能性について述べ、メタボリックシンドローム予防の可能性を探る。

キーワード：食用種子、スーパーフード、機能性食品、メタボリックシンドローム、抗酸化物質

I. はじめに

近年、世界的な健康意識の高まりとともに「スーパーフード」という食品のカテゴリーが生まれた (Pratt & Matthews, 2006)。スーパーフードとは高い栄養価や機能性を有する食品を指す言葉であり、チアシードやモリンガ、ガラナなど、スーパーフードと称される食品の中には、数千年も昔から食用とされてきた種子類が多い(表1)。長い歴史の中で、現在まで食用として親しまれてきた種子の中には栄養的な価値に加え、疾病・老化・美容に対する機能性が経験的に信じられているものがある。

種子には三大栄養素の他に、種子自身の身を守るための物理化学的な防衛戦略として、対外的にはビワやモモなどのバラ科植物の未熟な種子に含まれるシアン化合物などの植物毒や、タンニンやケルセチンなど、捕食者が不味く感じるような物質を持つ (農林水産省, 2019)。

そして対内的には酸素や紫外線による酸化ストレスから種子自身を守るため、ポリフェノールのような抗酸化物質を持つ。それらの物質がヒトの体内で何らかの生理活性を持ち、それらが望ましい効果であるとの実感から、長期に亘って好んで食べ続けられている植物がある。そのような機能が知られているスーパーフードについて、近年、機能性成分の分離や、細胞、動物を用いた実験、疫学調査の研究報告が増えている (Driessche, Plat & Mensink, 2018)。

食品の機能性についての研究は、メタボリックシンドローム (Metabolic syndrome, MetS) に関連するものが少なくない (Clifton, 2019, Julibert et al. 2019)。MetSとは、1999年に世界保健機関 (WHO) の提唱により世界に広まった用語で、内臓肥満に高血圧・高血糖・脂質代謝異常が組み合わさることにより、心臓病や脳卒中などに罹患しやすくなる病態のことである (WHO, 1999)。この病態の予防や改善が、生活習慣病 (糖尿病、

¹愛知県立大学大学院看護学研究科(基礎健康科学), ²愛知県立大学看護学部(健康管理学)

心臓病, 脳卒中, ガン等)の予防に繋がるため, 医学, 栄養学, 生化学, 運動生理学, 薬学など, あらゆる分野で研究が進められている。

MetSは突発的に起こる病態ではなく, 日々の生活の積み重ねの表現型といえる。中でも「食」は人々の楽しみであり, 日々の生活において重要な位置を占めるため, 改善することは容易ではない。そのために, 改善の必要性を自覚していても, 根本的な改善には至りにくい。その代わりに科学的根拠のない安易な方法を選択し, 信じ込んでしまう場合がある。例えば, 手軽なサプリメントの摂取や, 一つの食品を食べ続ければ治るという食事法などをとることが多い。このような行動はフードファディズム (food faddism) といわれ, 食物や栄養が健康や病気に与える影響を過大に評価し, 信じてしまうことである (高橋, 2007, Kanarek & Kaufman, 1991)。このような状況下で, スーパーフードと称され, その高い機能性と新規性ゆえに様々な媒体で生活習慣病予防として勧められている食品は魅力的ではあるが, 科学的根拠が十分でないものもあるため, 注意が必要である。

ここでは, 食用とされる種子において, 長い歴史の中でその機能が経験的に認められ, 且つ近年スーパーフードとして注目が集まっているものについて, それらの特徴と報告されている科学的研究結果に基づき, MetSを含む生活習慣病予防の可能性について考察する。

表1 代表的な植物性スーパーフード

アーモンド	種子(胚乳)	アサイー	果実
亜麻仁	種子	アボカド	果実
アマランサス	種子	カムカム	果実
えごまオイル	種子	ゴールデンベリー	果実
カカオ	種実(胚乳)	ゴジベリー	果実
キヌア	種子		
クルミ	種子(胚乳)	アロエベラ	葉
ココナッツオイル	種実(胚乳)	ケール	葉
ザクロシード	種子	緑茶	葉
そばの実	種子	モリンガ	葉
味噌(大豆)	種子	モロヘイヤ	葉
チアシード	種子		
ヘンプシード/オイル	種子	ビーポーレン	花粉
モリンガ	種子	ブロッコリースーパース ブラウト	新芽
ウコン	根		
マカ	根	スピルリナ	藻類

表中のスーパーフードは, 下記の書籍に掲載されているものである。
スーパーフード便利帳. (2013), スーパーフードの教科書. (2016),
スーパーフードと最新科学であなたを守る最強の栄養学. (2017)

II. 種子に含まれる成分と生理活性

多くの種子の表面は, 種皮という薄い皮に包まれており, 種皮に包まれた胚乳, あるいは子葉には, 発芽の際の養分として炭水化物, 脂質, タンパク質が休眠状態の細胞内に貯蔵されている。このため, 種子は植物体の中では最も栄養的に優れており, 食糧としての利用価値がある (図1)。

食用とされている種子は, 主に穀類, 種実類, 豆類であるが, 炭水化物を多く含む穀類の種子は主食として利用され, 脂質を多く含む種実類は油糧種子として植物油の原料とされている。タンパク質の含有量が多い豆類は植物性のタンパク源として様々な形に加工され, 世界各地で主菜・副菜問わず親しまれている。ベジタリアンやヴィーガンなどの菜食主義者のタンパク源としては特に重要な存在となっている。また, 豆類の中でも大豆は, 脂質も多く含むため植物油の原料としても利用価値が高い (表2)。

ここで, 三大栄養素の一つである炭水化物は, 重要なエネルギー源として利用されている。しかし, その過剰摂取は過度なインスリン産生を引き起こし, 膵臓に負担をかける。その長期的な影響として肥満や糖尿病が挙げられる。現在, 糖尿病は世界的な問題となっており, WHOによる2014年の調査では, 世界で4億2,200万人が糖尿病を患っており, 有効な対策をしなければ2025年には7億人以上になると予測されている (WHO, 2016)。国内においても, 平成30年の国民健康栄養調査では, 男性18.7%, 女性9.3%が糖尿病と推計されている (厚生労働省, 2018)。

過剰なグルコースはグリセロールとなり, 脂肪酸と結合して中性脂肪となる。中性脂肪は貯蔵エネルギーとして脂肪細胞に蓄えられ, 肥満の直接的要因となる。また, グルコースはタンパク質と結合しやすいため, 例えば赤血球や血管の構造タンパクと結合してしまう。これは糖化反応と呼ばれる不可逆的な反応で, 生活習慣病の発症や悪化と関係が深く, 長期的な高血糖により, 血管内壁の糖化が進んでしまった場合には, 血管の柔軟性が低下し動脈硬化の一因となる。

肥満や糖尿病の予防方法として最も支持されているのが食物繊維の摂取である (Post, Mainous, King, & Simpson, 2012)。食物繊維は消化吸収されない炭水化物であるため, かつては栄養的に意味が無いとされてきた。

表2 主な食用種子の栄養成分 (100g 当たりの量)

		キヌア	アマランサス	チアシード	モリンガ	えごま	ごま	だいず	あずき	玄米
エネルギー	kcal	359	358	494	375	544	586	422	343	353
水分	g	12.2	13.5	6.5	7.0	5.6	4.7	12.4	14.2	14.9
主要栄養素										
たんぱく質	g	13.4	12.7	20.0	31.4	17.7	19.8	33.8	20.8	6.8
脂質	g	3.2	6.0	33.9	36.7	43.4	53.8	19.7	2.0	2.7
炭水化物	g	69.0	64.9	34.5	18.4	29.4	16.5	29.5	59.6	74.3
食物繊維総量	g	6.2	7.4	36.9	7.3	20.8	10.8	21.5	24.8	3.0
灰分 (無機質)	g	2.2	2.9	4.7	6.2	3.9	5.2	4.7	3.4	1.2
無機質										
カルシウム	mg	46	160	570	—	390	1200	180	70	9
鉄	mg	4.3	9.4	7.6	—	16.4	9.6	6.8	5.5	2.1
カリウム	mg	580	600	760	—	590	400	1900	1300	230
亜鉛	mg	2.8	5.8	5.9	—	3.8	5.5	3.1	2.4	1.8
ビタミン										
ビタミン B ₁	mg	0.45	0.04	0.97	—	0.54	0.95	0.71	0.46	0.41
ビタミン B ₂	μg	0.24	0.14	0.25	—	0.29	0.25	0.26	0.16	0.04
葉酸	g	190	130	84	—	59	93	260	130	27
脂肪酸										
飽和脂肪酸	g	0.33	1.18	3.51	8.40	3.34	7.80	2.59	0.24	0.62
一価不飽和脂肪酸	g	0.77	1.48	2.26	27.00	6.61	19.63	4.80	0.06	0.83
n-3系多価不飽和脂肪酸	g	0.19	0.04	19.43	1.69	23.70	0.15	1.54	0.15	0.03
α-リノレン酸	g	0.19	0.04	19.00	1.69	24.00	0.15	1.50	0.15	0.03
n-6系多価不飽和脂肪酸	g	1.34	2.06	6.08	2.79	5.12	23.11	8.84	0.35	0.87

表は出典を参考に作成した。

・出典：日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）文部科学省

モリンガのデータ (Leone et al. 2016)

・数値は玄穀、乾燥状態で測定されたもの

しかし消化吸収されないという利点があり、小腸においては糖やコレステロールの吸収を妨げ、大腸においては便の停滞を防ぎ、結果として肥満や糖尿病、脂質異常症を含む MetS の予防に繋がる。最近では腸内細菌の研究が進み、難消化性糖質の水溶性食物繊維が腸内細菌の発酵により短鎖脂肪酸に代謝され、免疫力の向上や肥満、ガン の 予 防 に 貢 献 し て い る こ と が わ か っ て い る (Koh, Vadder, Datchary, & Bäckhed, 2016)。

上記のように食物繊維には、有用な働きがあるが、種子においても豊富に存在しており、特に種皮に不溶性食物繊維が、胚乳や子葉に水溶性食物繊維が含まれているため、種皮を除かず摂取すると摂取効率が良くなる。このような穀物種子は全粒穀物といわれ、食物繊維の他、鉄やカルシウムなどのミネラルやビタミン A・B・E 群などを多く含み、多くの慢性疾患の予防になるとされている (Zong, Gao, Hu, & Sun, 2016)。食物繊維の摂取量が多い人は、冠状動脈性心疾患、脳卒中、高血圧、糖尿病、肥満などの発症リスクが低く、その摂取量を増やすと血圧や血清コレステロール値が低下することが知られている (Chen J., Chen G., Wang, Qin, & Bai, 2018)。このようなことから食物繊維は近年「プロバイオティクス」として改めて見直され (Holscher, 2017)、医学、栄養学、薬学分野においてさらなる研究が進められている。

種子に含まれる脂質の含有量は、文部科学省の食品成分データベース (日本食品標準成分表 2015 版、七訂) によると食品分類では種実類が最も多く、くるみ、ココナッツ、などは 60% を超える。次いでゴマ、アーモンドが 50% 台、亜麻仁、落花生が 40% 台となっているが、キヌア、アマランサスはわずか数%と少ない (図 2)。その他、データベースにないものではモリンガが特に多く、40% 程度である (Leone et al. 2016)。概して種子の飽和脂肪酸は少なく約数%であり、不飽和脂肪酸が多いのが特徴である。一価不飽和脂肪酸のオレイン酸はアーモンドに 33.6%、ゴマに 19.6% 含まれている。多価不飽和脂肪酸の n-3 系脂肪酸は亜麻仁、エゴマ、チアシードに約 20%、n-6 系脂肪酸はくるみ 41.3%、ゴマ 23.1% と多い (図 1)。種子中の主な n-3 系脂肪酸は α リノレン酸 (Alpha-linolenic acid, ALA) であるが、生体内では血液中の LDL コレステロールと中性脂肪を下げ、HDL コレステロールを上げることが報告されている (Clifton, 2019)。種子中の n-6 系脂肪酸は主にリノール酸であり、どちらの脂肪酸も人体では合成できない必須脂肪酸である。

その他、種子に含まれる生理活性物質としては抗酸化物質がある。種子の休眠状態と発芽は活性酸素種 (Reactive oxygen species, ROS) と抗酸化物質のバランス

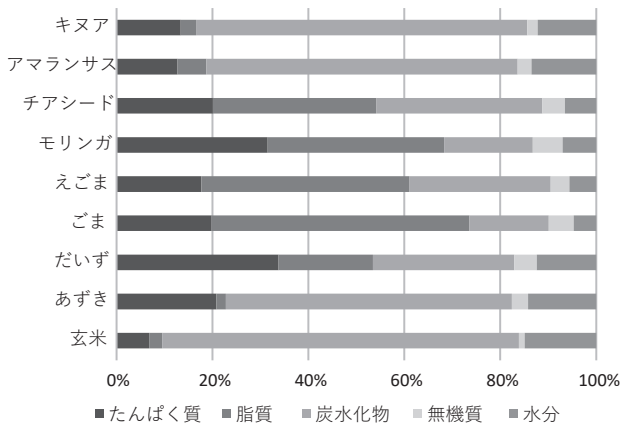


図1 主な食用種子の栄養成分

図は出典を参考に作成した。
 ・出典：日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）文部科学省
 ・数値は玄穀、乾燥状態で測定されたものを示す
 尚、モリンガのみ引用文献データ (Leone et al. 2016)

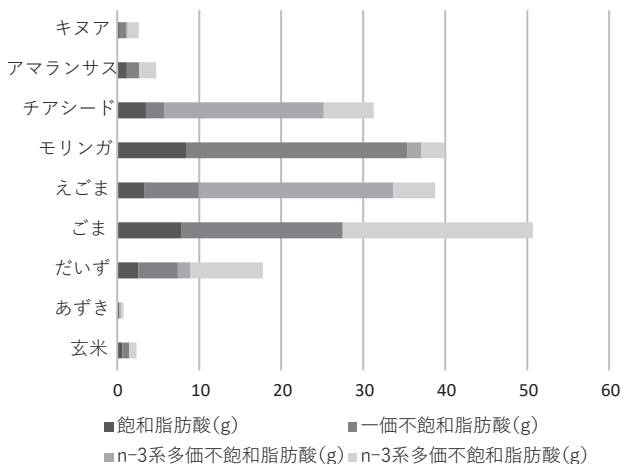


図2 主な食用種子の脂肪酸量 (100g 当たりの量)

図は出典を参考に作成した。
 ・出典：日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）文部科学省
 ・数値は玄穀、乾燥状態で測定されたものを示す
 尚、モリンガのみ引用文献データ (Leone et al. 2016)

スによってコントロールされている (Bailly & Kranner, 2011). ROSが過剰な場合に細胞の損傷を防ぐため、様々な抗酸化物質を備えていると考えられている (Kumar, Prasad, Banerjee, & Thammineni, 2015).

小さな種子には、しかるべき時に発芽し、大きく育つための栄養成分と、自身を保護する様々な物質がコンパクトに詰め込まれている。それらがヒトの体内でどのような生理活性を持つのか、まだ解明されていないことも多い。特にスーパーフードと称されているものに関しては、最近その栄養的価値が見い出されたばかりで、どの

物質が具体的にどのように働いているのか、その多くは未知であり研究報告も未だ少ない。それらの中から、栄養価や機能性が科学的に検証されているが、日本においては未だ報告が少ないものをいくつか取り上げる。

1. キヌア (*Chenopodium quinoa*)

キヌアは、アンデス地方原産のヒユ科アカザ属の一年生草本で、紀元前7000年前から食用とされてきたと記されている。良質なタンパク質と食物繊維の他、鉄分、ビタミンB₂、葉酸が特に多く、また抗酸化物質であるケンフェロールやケルセチンなどのフェノール酸類似体は29種以上が同定されている (Lin et al. 2019)。キヌアの栄養的価値と栽培性、そして生産諸国の経済安定性のため、2013年に国連より「国際キヌア年」が宣言されて以降、臨床的研究が増えており、ますます注目されている (Angeli et al. 2019)。

無作為化臨床試験においてキヌアの摂取によるBMI、血清脂質、肥満に対する影響が調査された。50名の肥満者を対象に、キヌア1日25g摂取群および50g摂取群、対象群の3群に分け、12週間の介入試験が実施され、結果、BMI、栄養摂取量、コレステロール組成について有意な変化は無かったが、平均血清トリグリセリド濃度は、50g群で有意に低下し (1.14 ~ 0.72mmol/L)、MetSの有病率も70%減少した。25g群においてもMetSの有病率は40%減少した (Perez, Radcliffe, Tierney, & Jois, 2017)。この研究により、キヌアのMetS予防への可能性が推察された。

2. アマランサス (*Amaranthus*)

アマランサスは南米ペルー原産のヒユ科の植物で、キヌアと同様インカ・マヤ・アステカ文明の時代から主食として利用されてきた (Sousa & Farfán, 2012)。アマランサスの栄養成分はキヌアに似ているが、ミネラルと脂質がより豊富で、鉄が9.4mg/100g、カルシウムが160mg/100gと多い (表2)。また、アミノ酸バランスが良く穀類に不足しがちな必須アミノ酸であるリジンやメチオニンが十分に含まれているため、穀類の代替品として有用性がある (Morales, Miguel, & Rimón, 2020)。アマランサスにはトコトリエノール、スクアレン化合物、フィトステロールなど、コレステロール生合成や調節に影響を与える物質が含まれていることも報告されている (Martirosyan, Miroshnichenko, Kulakova, Pogojeva, & Zolodov, 2007) そのため、MetS予防に関する研究報

告も多く、その評価が高まっている (Sousa & Farfáú, 2012).

抗糖尿病性に関しては、膵臓の β 細胞に対する毒性を持つストレプトゾトシン誘導性の糖尿病発症ラットを用いた3週間の食餌介入比較実験で、アマランサスの効果が示された。4群 (糖尿病の対照群, 糖尿病のアマランサス群, 糖尿病のアマランスオイル群, 正常群) のうち、アマランサス摂取の2群で血糖値の低下とインスリン量の増加が示され、糖尿病マウスの抗酸化酵素活性が対照群と同程度に改善したことが報告されている (Kim, H., Kim, M., Cho, Kim, E., & Shin, 2006).

3. チアシード (*Salvia hispanica* L.)

チアシードはシソ科の植物の小さな種子で、中南米においては五千年以上の歴史がある食品である (Marcinek & Krejpcio, 2017). 栄養価の高さに加え、クセのない味や独特な食感から、スーパーフードの中でも最も注目を集めている食品の一つである。ドリンクやサラダ、また穀紛としてパンや菓子の材料として親しまれていることが報告されている (Melo, Machado, & Oliveira, 2019).

栄養成分としては、カルシウム、鉄、ビタミンB₁やタンパク質が豊富で、特に食物繊維とn-3系脂肪酸は食品成分データベースにおいて全食品の中で最も多いレベルにある。n-3系脂肪酸であるALAにおいては、亜麻仁、エゴマに次いで含有量が多い (表2)。ALAは、エイコサペンタエン酸、ドコサヘキサエン酸の前駆体であり、心血管保護、抗ガン、神経保護、骨粗鬆症予防、抗炎症、抗酸化的作用を有することが報告されている (Kim, K., Nam, Kim, H., Hayes, & Lee, 2014). さらに、ミリセチン、ケルセチン、ケンフェロール、クロロゲン酸などのポリフェノール類を豊富に含み、高い抗酸化能が証明されている (Ali et al. 2012). このような成分の特徴から、チアシードの炎症、糖尿病、心血管疾患、高血圧などに対する機能性に関する研究が進められている (Marcinek & Krejpcio 2017).

肥満のラットに体重1kgあたり133gのチアシード、または40gのチアシードオイルを与えた実験では、血中抗酸化酵素のカタラーゼ、グルタチオンペルオキシダーゼ、グルタチオン、グルタチオン還元酵素の活性が対照群 (高脂肪・高果糖) と比較し、いずれも35~47%と有意に高かった。さらに、高脂肪・高果糖の食餌群のラットにおいて、脂質過酸化のバイオマーカーである血中チオバルビツール酸反応性物質と8-イソプロスタン

はチアシード摂取により減少した。つまり、チアシードとチアシードオイルは、肥満のラットにおいて生体内の抗酸化能を高め、脂質過酸化を減少させたことが分かる (Marineli, Lenquiste, Moraes, & Maróstica, 2015).

また、細胞実験、動物実験において抗炎症、抗酸化、抗血糖、免疫刺激などの機能が確認されている (Ferreira, Fomes, Silva, & Rosa, 2015, Kulczyński, Cisowska, Taczanowski, Kmiecik, & Michalowska, 2019) が、ヒトに対する機能においては、今後さらなる研究が必要になると考える。

4. モリンガ (*Moringa oleifera*)

モリンガは、インド北西部のヒマラヤ原産の植物で、種子・花・葉・枝・根の全てに高い機能性があり、古来より食用、薬用、美容に利用されている (Leone et al. 2016). 種子はそのままでも食用できるが、炒るとナッツのような風味となり、圧搾したオイルとともに人気が高い。

タンパク質、脂質、カルシウム、鉄、必須アミノ酸、そしてクロロゲン酸やルチンなどの抗酸化物質、イソチオシアネートが豊富で、特に脂質はゴマ類に次いで多く、油糧種子として高い機能を持つ。 (Ijarotimi, Adeoti, & Ariyo, 2013). 主に *in vitro* での研究により、抗炎症、抗酸化、抗ガン、肝臓保護、神経保護、血糖・脂質の調整など複数の薬理的機能を示すことが報告されている (Kou, Li, Olayanju, Drake, & Chen, 2018).

モリンガの種子粉末を餌としたラットに糖尿病改善効果が示された。ストレプトゾトシン (膵臓の β 細胞に対する毒性を持つ) 誘導性の糖尿病ラット群は、糖尿病陰性対照群と比較し、過酸化脂質、IL-6が増加し、血中と腎臓の抗酸化酵素の減少を示した。その後、モリンガ種子粉末 (50mg/体重kg, 100mg/体重kg) を4週間与えると、ほぼ全てのパラメーターが正常値に戻り、膵臓の損傷などの組織学的変化も示されなかった (Malki & Rabey, 2015).

さらに、喘息を誘発したラットに対し、モリンガ種子のエタノール抽出物を与えることによって肺の炎症性細胞が減少した。種子抽出物が気道の炎症性物質の分泌を減少させることで、気管支や肺胞の炎症を緩和させることが示された (Mahajan, Mali, & Mehta, 2007).

Ⅲ. 今後の展望

本総論ではスーパーフードと称される食用種子について、先行研究を引用しながら栄養的価値と機能性について述べた。スーパーフードは、機能性成分を多く含むという共通の特徴があるが、法的な定義が無いこともあるため、わずかずつではあるが増加傾向にある。論文検索サイトPubMedを利用し、「superfood」で検索すると72報の学術論文がヒットする(2020年8月現在)。そして、それらの論文タイトル、あるいは要約でsuperfoodとして取り上げられている具体的な食品は42種にも上り、ほぼ全てが植物である。その中で最も多く取り挙げられていた食品はキヌア(4報)、チアシード(4報)であった。また、日本古来の食品である味噌、緑茶、そばなども、欧米ではスーパーフードとして評価が高く、健康意識の高い層を中心に人気がある。これらの食品は数百、数千年以上前からの経験則に基づき、食用あるいは薬用として愛されてきた食品である。現代における科学的検証により、生活習慣病の予防効果を中心に、神経細胞、肝細胞の保護機能、抗ガン効果、老化予防など、多くの機能性が次々と明らかにされている。あらゆる食品がオンラインショップで入手できる現代において、生活習慣病一次予防の選択肢の一つとしてその可能性が期待できる。しかしながら、未だ疫学研究や臨床研究での報告は十分とは言えず、ヒト体内での明確な作用機序の解明まで至っていないのが現状である(Driessche et al. 2018)。さらなる研究データの蓄積に期待しつつ、今後新たに発掘されるであろう新規スーパーフードの機能性についても注視していきたい。

Ⅳ. おわりに

本総論のテーマは、スーパーフードは機能性が高いため食べることが望ましい、という考えで取り上げたのではなく、それらの機能の科学的根拠の有無について調べることが動機の一つであった。前述したように、フードファディズムという問題は、玉石混交の情報の中において、食に関する正しい知識が備わっていなければ誰しも陥ってしまう可能性がある。「○○を食べれば血圧が下がる」「血液がサラサラになる」というように簡単に実行できるような都合の良い情報であれば、なおさらである。医療従事者からの情報は、健康や栄養に関して特に

影響力が大きく、何気ない内容でも信憑性を持って伝わりやすい傾向にある。新たに得られた情報が科学的根拠に基づいているかどうか、常に意識する必要があると考える。例えば、今回は一食品で多機能を持つ種子を取り上げたが、ヒトが健康を維持するための全ての栄養素を満たす訳ではない。すなわち、ある一つの食品を食べて全ての人健康になれるような食品はどれ一つなく、機能性食品を含め、できる限り多種の食品をバランスよく適切な量で食べることが、一次予防としての食事の基本である(Verbanac, Maleš, & Barišić, 2019)。

高齢化が進む現代では、生活習慣病は多くの人にとって身近な脅威である。生活習慣病の予防として、MetSの指標を意識し、生活習慣を健康的に正常化することが最も重要であると考えられる。中でも日々の栄養管理は大きな役割を持つ。そして発症に至ってしまった患者にとっては、より高度な制限が必要となる中で、QOLを維持し、健康寿命を実現するために、正しく、辛くなく、持続可能な食習慣が望まれる。

文 献

- Ali, NM., Yeap, SK., Ho, WY., Beh, BK., Tan, SW., Tan, SG. (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 171956.
- Angeli, V., Miguel, P., Silva, Massuela, D., Khan, M., Hamar, A., Khajehei, F., Piatti, C. (2020) Quinoa: An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*, 9(2). 216. doi: 10.3390/foods9020216.
- Bailly, C., Kranner, I. (2011). Analyses of reactive oxygen species and antioxidants in relation to seed longevity and germination. *Methods in Molecular Biology*, 773, 343-367.
- Chaturvedi, A., Sarojini, G., Nirmala, G., Nirmalamma, N., Satyanarayana, D. (1997). Glycemic index of grain amaranth, wheat and rice in NIDDM subjects. *Plant Foods for Human Nutrition*, 50(2), 171-178.
- Chen, J., Chen, G., Wang, X., Qin, L and Bai, Y. (2017). Dietary Fiber and Metabolic Syndrome: A Meta-Analysis and Review of Related Mechanisms. *Nutrients*, 10(1), 24. doi: 10.3390/nu10010024.

- Clifton, P. (2019). Metabolic Syndrome-Role of Dietary Fat Type and Quantity. *Nutrients*, 11(7), 1438. doi: 10.3390/nu11071438.
- Driessche, J., Plat, J., Mensink, R. (2018). Effects of superfoods on risk factors of metabolic syndrome: a systematic review of human intervention trials. *Food & Function*, 9(4), 1944–1966.
- Ferreira, C., Fomes, L., Silva, Rosa, G. (2015). Effect of chia seed (*Salvia Hispanica L.*) consumption on cardiovascular risk factors in humans: a systematic review. *Nutricion Hospitalaria*, 32(5), 1909–1918.
- Holscher, HD. (2017). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8(2), 172–184.
- Ijarotimi, O., Adeoti, O., Ariyo, O. (2013). Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristics of raw, germinated, and fermented *Moringa oleifera* seed flour. *Food Science & Nutrition*, 1(6), 452–463.
- Julibert, A., Bibiloni, MDM., Bouzas, C., González, M., Salas-Salvadó, J., Corella, D., Zomeño, MD, Tur, JA. (2019). Total and Subtypes of Dietary Fat Intake and Its Association with Components of the Metabolic Syndrome in a Mediterranean Population at High Cardiovascular Risk. *Nutrients*, 11(7): 1493. doi: 10.3390/nu11071443.
- Kanarek, R., Kaufman, R.. (1991). Nutrition and behavior: new perspectives. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Kim, H., Kim, M., Cho, H., Kim, E., Shin, D. (2006). Antioxidative and anti-diabetic effects of amaranth (*Amaranthus esculantus*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Cell Biochemistry & Function*, 24(3), 195–199.
- Kim, K., Nam, Y., Kim, H., Hayes, A., Lee, B. (2014). α -Linolenic acid: nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation. *Food and Chemical Toxicology*, 70, 163–178.
- Koh, A., Vadder, F., Datchary, p., Bäckhed, P. (2016). From Dietary Fiber to Host Physiology: Short-Chain Fatty Acids as Key Bacterial Metabolites. *Cell*, Volume 165, Issue 6, P1332–1345.
- Kou, X., Li, B., Olayanju, J., Drake, J., Chen, N. (2018). Nutraceutical or Pharmacological Potential of *Moringa oleifera* Lam. *Nutrients*, 10(3), 343. doi: 10.3390/nu10030343.
- 厚生労働省. (2018). 平成30年国民健康・栄養調査報告. <https://www.mhlw.go.jp/content/000615325.pdf>
- Kulczyński, B., Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., Michałowska, A. (2019). The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds-Current State of Knowledge. *Nutrients*, 11(6), 12421. doi: 10.3390/nu11061242.
- Kumar, S., Prasad, R., Banerjee, R., Thammineni, C. (2015). Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. *Annals of Botany*. 116(4): 663–668.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., Bertoli, S. (2016). *Moringa oleifera* Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health. *International Journal of Molecular Sciences*. 17(12), 2141. doi: 10.3390/ijms17122141.
- Lin, M., Han P., Li Y., Wang W., Lai D., Zhou L. (2019). Quinoa Secondary Metabolites and Their Biological Activities or Functions. *Molecules*. 9, 24(13), 2512. doi: 10.3390/molecules24132512.
- Mahajan, S., Mali, R., Mehta, A. (2007). Effect of *Moringa oleifera L.* seed extract on toluene diisocyanate-induced immune-mediated inflammatory responses in rats. *Journal of Immunotoxicology*. 4(2): 85–89.
- Malki, A., Rabey, H. (2015). The antidiabetic effect of low doses of *Moringa oleifera L.* seeds on streptozotocin induced diabetes and diabetic nephropathy in male rats. *BioMed Research International*. 381040. doi: 10.1155/2015/381040.
- Marcinek, K., Krejpcio, Z. (2017). Chia seeds (*Salvia hispanica*): health promoting properties and therapeutic applications — a, *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 68(2), 123–129.
- Marineli, R., Lenquiste, S., Moraes, E., Maróstica Jr, M. (2015). Antioxidant potential of dietary chia seed and oil (*Salvia hispanica L.*) in diet-induced obese rats. *Food Research International*, Pt 3, 666–674.
- Martirosyan, D., Miroshnichenko, L., Kulakova, S., Pogojeva, A., Zolodov, V. (2007). Amaranth

- oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids in Health and Disease*, 5, 6: 1. doi: 10.1186/1476-511x-6-1.
- Melo, D., Machado, T., Oliveira, M. (2019). Chia seeds: an ancient grain trending in modern human diets. *Food & Function*, 10(6), 3068–3089.
- 文部科学省. (2015) 日本食品標準成分表2015年版 (七訂). <https://fooddb.mext.go.jp/>
- Morales, D., Miguel, M., Rimón, M. (2020) Pseudocereals: a novel source of biologically active peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 14, 1–8.
- 農林水産省. (2019). 知識があればこわくない! 天然毒. <https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/foodpoisoning/naturaltoxin.html>
- Post, R. E., Mainous, A. G., King, D. E., Simpson, K. N. (2012). Dietary fiber for the treatment of type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis. *The Journal of the American Board of Family Medicine*. 25(1), 16–23.
- Perez, D., Radcliffe, J., Tierney, A., Jois, M. (2017) Quinoa Seed Lowers Serum Triglycerides in Overweight and Obese Subjects: A Dose-Response Randomized Controlled Clinical Trial. *Nutrient*, 24; 1(9): e001321. doi: 10.3945/cdn.117.001321.
- Pratt S.M.D., Matthews, K. (2006). SuperFoods Rx: Fourteen Foods That Will Change Your Life.
- Sousa, V., Farfán, J. (2012). State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77(4), R93–104
- 高橋久仁子. (2007). フードファディズム：メディアに惑わされない食生活. 東京：中央法規出版.
- Verbanac, D., Maleš, Z., Barišić, K. (2019). Nutrition - facts and myths. *Acta Pharmaceutica*, 69(4), 497–510.
- World Health Organization. (1999). Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Geneva.
- World Health Organization. (2016). World Health Day 2016: WHO calls for global action to halt rise in and improve care for people with diabetes. <https://www.who.int/>
- Zong, G., Gao, A., Hu, F., and Sun, Q., (2016). Whole Grain Intake and Mortality from All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Circulation*. 14, 133(24), 2370–2380.