

野菜スプラウトの機能性の最近の進展

—発酵ソバスプラウトを中心に—

衛藤 英男 (静岡大学, pbhye213@ybb.ne.jp)

Functional compounds in vegetable sprouts:

Focusing on fermented buckwheat sprouts

Hideo Etoh (Shizuoka University, Japan)

要約

日本では少子高齢化に伴い、疾病を未然に防ぐ予防医学が求められている。そのため、機能性成分を含有する食品の需要が高まっている。その中でも、野菜スプラウトおよび発酵スプラウトは機能性成分に富んでいることから注目されている。現在出回っているスプラウトとその製法、機能性をまとめた。また、スプラウトをさらに乳酸菌などで発酵させた発酵ソバスプラウト（発芽そば発酵エキス）について著者らの結果を中心に記し、スプラウトの今後の進展について論じた。

キーワード

野菜スプラウト, ブロッコリースプラウト, 発芽玄米, 発酵ソバスプラウト, 機能性成分

1. はじめに

日本の食生活は、この半世紀の間に劇的に変化を遂げ、それに伴い疾病も大きく変化した。(Nakaji et al., 2002; Takeshita et al., 1997) 1960年代の食事は総摂取の半分が糖質であり、血管の主要な構成成分のタンパク質と脂質が不足するため、脳血管疾患が主な死亡原因であった。しかし、1970年代には経済発展に伴い乳製品の摂取が多い欧米食となり脳血管疾患患者が大きく減少した。さらに、1980年代には理想的な食生活となったが、その後脂質摂取が増大し総摂取カロリーの増加で、糖尿病などの生活習慣病が増加し社会問題となった。その主な原因は日々の食生活や生活様式にある。(Onogi et al., 1996)そこで、これらの疾病を予防することが大切である。

近年、様々な種類の野菜スプラウトが市場に出回っている。それらは栄養豊富で機能性が高いことが分かり、大いに注目されている。スプラウトは発芽時に、種子の栄養素を分解し、吸収しやすい状態に変化させ、ビタミンなどを生産するため種々の機能性成分の研究が進み、多くのスプラウトが市場に多く出回るようになった。

2. 野菜スプラウトの魅力

スプラウトの育て方には「もやし」のように光を当てないタ

イプと、「カイワレ大根」のように光を当て緑化したタイプがある。また、メーカーによっては発芽途中まで遮光し、その後光に当てて製造するタイプもある。(Maejima et al., 2011)

種子は、次の生命を誕生させるため各種栄養素、ビタミン、ミネラルおよびアミノ酸を含んでいる栄養豊富植物といえる。種子は水分を吸収すると、細胞は膨らんで組織が発育する。そして、胚は植物ホルモンによって生長が促進される。そのため、野菜スプラウトには多くの機能性成分が含有されている。

スプラウトとは、植物の新芽の総称で、モヤシ型、カイワレ型、中間型および発芽したての4つのタイプがある。表1

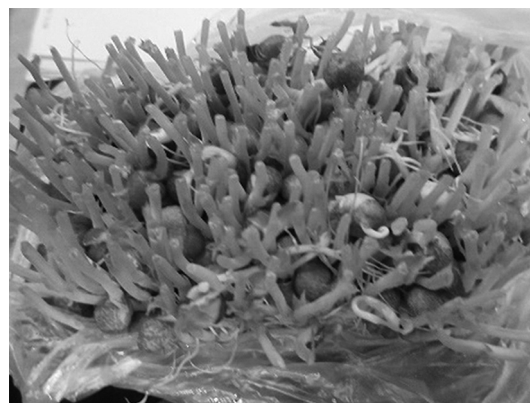


図1：豆苗のスプラウトをカットしたもの

表1：スプラウトの分類と特徴および品名

タイプ	特徴	品目
モヤシ型	暗室で生長させる	緑豆モヤシ、大豆モヤシ、ニンニクモヤシなど
カイワレ型	暗室で茎ができるまで生長後、光で緑化させる	大根、豆苗、ソバなど
中間型	暗室で発芽後、光で緑化させる	ブロッコリーなど
発芽したて	発芽後、種ごと出荷	発芽玄米、発芽小麦、ソバの芽、発芽大麦、発芽アマランサス、発芽キヌア、発芽ライ麦、発芽ワイルドライス、各種発芽豆類(大豆、小豆、黒豆、緑豆、ヒヨコ豆、ピーナッツ、エンドウ豆、レンズ豆)

にスプラウトのタイプと品名をあげた。また、購入したスプラウトの上3分の2をカット（豆苗の写真：図1）して使用後、水をやることでまたスプラウトが生長し利用できる場合がある。

3. 各種スプラウトに含まれる機能性成分

各種スプラウトに含まれる機能性成分と効能を表2に示した。ビタミン、ミネラルが豊富である。また、カロテノイド（β-カロテン）、アントシアニン色素、辛子油のスルフォラファンやアルコールのオクタコサノールなどを含んでいて機能性を示している。

4. ブロッコリースプラウトに多く含まれている注目の機能性成分スルフォラファン

ブロッコリーは、アブラナ科の緑黄色野菜である。地中海沿岸の原産で、ピクセル、エンデバー、グリーンベル、シャスター、パラグリーン、マーシャル、チャレンジャー、海嶺、雷鳴、緑炎、緑帝、緑笛、緑嶺などの品種がある。スルフォラファンは、ブロッコリーのスプラウトに多く含まれている（100g当たり約10mg）機能性成分である。ブロッコリーが注目されたのは、ジョン・ポプキンス医科大学教授のポール・タラレー博士が、1997年、アメリカで開催された「疾病の予防のための機能性食品」と題した講演会で、スルフォラファンが優れた抗ガン作用を示すことを報告したことによる。（Zang et al., 1992）このスルフォラファンと構造が類

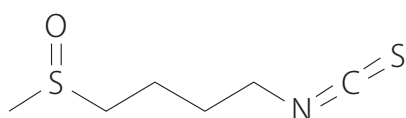


図2：スルフォラファンの化学構造

似の化合物、6-メチルスルフィニルヘキシル辛子油が沢わさびに含まれていて、同じ抗ガン作用を有している。（衛藤, 2013）

5. 発芽玄米の機能性

戦国時代の武将は、玄米をぬるま湯に一昼夜浸してから炊飯し、そのおにぎりとわずかなおかずを腰に下げて軍勢をひき、具足、かぶと、槍、刀を持って三日三晩戦場をかけまわったようである。ぬるま湯に一昼夜浸した玄米は、発芽しそれを食べた武士の力になっていたと考えられる。発芽玄米を食べることは長野県上田市で誕生した。結果として、髪が黒くなった、貧血の改善や血圧・コレステロールの低下などがある。単に玄米を食するより多くの栄養素が摂取される。特にGABAは10倍になった。GABAには、次のような効用がある。血圧の正常化、コレステロール・中性脂肪の増加抑制、腎臓・肝臓・膵臓の働きの活性化、血糖値上昇抑制、脳細胞の代謝活性化、肥満防止、アルコールの代謝促進、体臭・口臭の消臭、感情・不安障害の解消、脳卒中の後遺症改善、大腸がん抑制および成長ホルモン分泌抑制などである。さらに、神経伝達を抑制することから睡眠の改善にも効果がある。（茅原・酒本, 2008）

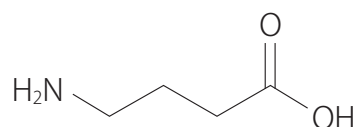


図3：GABAの化学構造

6. ソバスプラウトの機能性

ソバスプラウトは、カイワレ大根より少し長めで、茎がピンク色である。見た目はカイワレ大根のようで、食感はシャ

表2：各種スプラウトの機能性成分

スプラウト	機能性成分と効能
カイワレ大根	ビタミンC、鉄、カルシウム メラトニン生成促進効果
マスタードスプラウト マスタードスプラウト	ビタミンK、葉酸
オクラスプラウト	食物繊維
ブロッコリースプラウト	スルフォラファン 解毒酵素誘導作用
クレススプラウト	ビタミンE（スプラウト中で最も高い）、ビタミンK、葉酸
レッドキャベツ	アントシアニン、ビタミンU
ケールスプラウト	スルフォラファン、ビタミンC、E、葉酸、食物繊維
チアシードスプラウト	カルシウム、カリウム、鉄、クロロフィル
豆苗	β-カロテン、ビタミンB1、B2、E、カルシウム 貧血予防効果
アルファルファ	ビタミン、ミネラル、オクタコサノール グリコーゲンの効率的分解、エネルギー生産量の増加

出典：Dr.クロワッサン：体に効かせる野菜の食べ方，マガジンハウスムック編集部、2020年11月発行。

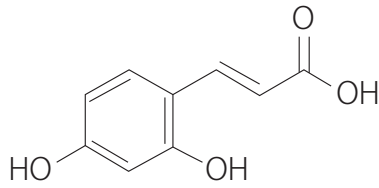


図4：ウンベル酸の化学構造

キシキリしていて少し粘り気がある。血圧降下作用を有する機能性成分のルチンがソバより豊富に含まれ、発芽6日間でソバの10倍以上になる。ルチンは、血圧降下作用以外にも老化や肥満によって硬くなった血管の弾力性を正常に回復させる作用もあることから、生活習慣病の予防・軽減にも役立つ。さらに、シス・ウンベル酸がソバスプラウトには含まれておりメラニン生成に関係するチロシナーゼ酵素活性を抑制することから美白効果がある。(茅原・酒本, 2008) 茎のピンク色はポリフェノールのアントシアニンである。長野県上田市では、1ミリほど発芽させ、発芽ソバを粉にしてソバ緋などの材料として使用している例もある。

7. 乳酸発酵食品と発酵ソバスプラウト

7.1 乳酸発酵食品

特定保健用食品や栄養機能食品として様々な健康食品が存在しているが、なかでも乳酸発酵食品に注目されている。乳酸菌は、ラクトバチルス属、ラクトコッカス属やストプトコッカス属などがある。これらは食物の保存性を高め、風味を増すことから古くから利用されてきた。ヨーグルトやキムチなどで日常の食卓に欠かせない。

7.2 発酵ソバスプラウト (発芽そば発酵エキス)

近年、ケールやクマザサなどの青汁は健康飲料として人気があり、植物の葉や茎を搾汁して利用されている。スプラウトも、生食以外に粉末やドリンクなどの加工食品も製造・販売されている。スプラウトを乳酸菌や酵母で発酵することで、さらに機能性を有する飲料等になる。

ソバスプラウトのソバの芽には、ソバには存在しない新芽特有の栄養素を多く含有しており、さらにそれを乳酸発酵せると、ポリフェノールが吸収されやすくなり、さらに新しい機能性物質が生成される。それが血液や血管強化等の効果を生むことが分かった。また、ソバ独特のアレルゲンもほとんど分解され、逆に気管支ぜんそくなどのアレルギーを治す機能性が見られる。これ以外に、高血圧などの生活習慣病や花粉症や冷え性の軽減などの効果が認められ、それらに関係した多くの機能性成分を含んでいることが期待できる。(茅原・酒本, 2008)

7.3 発酵ソバスプラウトの機能性成分

7.3.1 色素とアミノ酸

発酵ソバスプラウトの特徴的な赤色は、アントシアニンの一種のケラシアニンであり、アミノ酸、アスパラギン酸、リジン、メチオニンが2～5倍増大した。GABAは約20倍に増

表3：発酵ソバスプラウトに含まれるアミノ酸量 (ソバスプラウトとの比較)

アミノ酸	発酵ソバスプラウト (mg/100 g)	ソバスプラウト (mg/100 g)
アスパラギン	122.8	21.0
トレオニン	133.8	413.1
セリン	3.2	45.1
グルタミン	16.6	99.1
グリシン	53.6	20.9
システイン	12.5	9.7
バリン	82.9	44.5
メチオニン	21.3	14.6
イソロイシン	40.1	30.7
フェニルアラニン	86.4	46.2
リジン	64.9	18.1
ヒスチジン	61.5	52.8
アルギニン	6.2	91.8
トリプトファン	100.0	70.0
GABA	152.4	10.7

大していた。表3にソバスプラウトと発酵ソバスプラウトに含まれるアミノ酸とGABAの量を示した。

7.3.2 抗酸化活性成分

抗酸化活性を有する化合物を探索したところ、ケルセチンの増大と青汁に含まれていなかったインドール-3-エタノールを同定した。この化合物の抗酸化活性 (SOD IC₅₀ = 122.3 (mg/ml)) は、アスコルビン酸 (SOD IC₅₀ = 250.0 (mg/ml)) の約2倍であった。表4にソバスプラウトと発酵ソバスプラウトの抗酸化活性を示した。

表4：ソバスプラウトと発酵ソバスプラウトの抗酸化活性

試料	SOD IC ₅₀ (mg/ml)
発酵ソバスプラウト	0.36
ソバスプラウト	1.13

7.3.3 高血圧因子 (アンジオテンシン II) の生成阻害物質

血圧調整作用を有する機能性成分として、ニコチアナミン (ACE IC₅₀ = 0.085 μM) および2"-ヒドロキシニコチアナミン (ACE IC₅₀ = 0.084 μM) を同定した。これらは、ソバスプラウト青汁よりそれぞれ約2.7倍、約3.3倍含量が増加していた。これらはメチオニンから生成したと考えられる。

表5にソバスプラウトと発酵ソバスプラウトのACE阻害活性を示した。ACE阻害活性の強い画分をさらに分析した結果、ニコチアナミンや2"-ヒドロキシニコチアナミンより活性は弱い、ペプチド3種、DVTLPPESTR、DDNAITSPIAGK、DPADVVRAGRを得た。(アミノ酸の略号は、A：アラニン、D：アスパラギン酸、E：グルタミン酸、G：グリシン、I：イソ

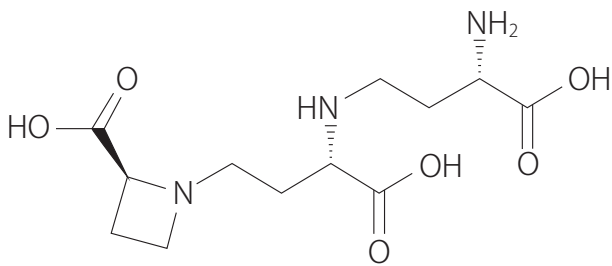


図5：ニコチアナミンの化学構造

表5：ソバスプラウトと発酵ソバスプラウトのACE阻害活性

試料	ACE阻害活性IC ₅₀ (mg/ml)
発酵ソバスプラウト	0.24
ソバスプラウト	1.25

ロイシン、K：リシン、L：ロイシン、N：アスパラギン、P：プロリン、R：アルギニン、S：セリン、T：トレオニン、V：バリン) 食品中のACE阻害ペプチドの多くはアミノ酸残基2～30程度である。今回のペプチドは、乳酸発酵中にタンパク質から生成したと考えられる。

7.3.4 その他の機能性成分

抗アレルギー作用としてヒアルロニダーゼ (HD) 阻害活性を調べたところ、青汁に比べて約7.1倍の効果を示した。(表6)

表6：ソバスプラウトと発酵ソバスプラウトのHD阻害活性

試料	HD阻害活性 (%)
発酵ソバスプラウト	38.63
ソバスプラウト	5.35

表7に発酵ソバスプラウトに含まれるその他の機能性成分とその効果を示した。

表7：発酵ソバスプラウトのその他の機能性成分と効能

機能性成分	効能
ルチン	血管強化作用
ケルセチン	抗酸化作用・抗炎症・抗アレルギー作用
アントシアニン	抗酸化作用
アミノ酸、ビタミン類	
乳酸などの有機酸	腸内バランス改善作用
食物繊維	腸内環境改善作用
乳酸菌菌体成分	腸管免疫の刺激作用

7.3.5 発酵ソバスプラウトの安全性

発酵ソバスプラウトは、安全性試験(ソバアレルギー試験、マウスを用いた急性毒性試験および小核試験の遺伝毒性試験)で陰性という結果が得られた。機能性飲料または粉末の飲み物として利用されることが可能と分かった。その結果を表8に示した。

表8：発酵ソバスプラウトの安全性試験結果

安全性試験	結果
アレルギーテスト	—
急性毒性試験	> 5,000 mg/kg
遺伝毒性試験	—

8. スプラウトの問題点と今後

スプラウトには、生野菜と同様にサルモネラ、リステリアなどのバクテリアや大腸菌が付いている可能性の問題がある。アメリカ食品医薬局 (FDA) は調理によるリスクを下げる必要を報告している。スプラウトは、特に育てるときに温度と湿度が必要であるため、販売に際しては食品衛生法に従った菌類のチェックが必要である。最近話題の無菌の植物工場での生産は一つの方法と考えられる。

今後、医療費抑制のための生活習慣病予防食品の開発が強く望まれている。これから、新しいスプラウトを開発するには現在スプラウトの中にある機能性成分を含む一般的な野菜に求めることができる。例えば、ポリフェノールの多い「コールラビ」、「カイラン」、「モロヘイヤ」、アリシンや硫化アリルの多い「ネギ」、「ニラ」などで、それらのスプラウトやさらに発酵させた発酵スプラウトが期待されている。

日本の食事に欠かせないみそ汁やハンバーガー、サラダなどへ入れるだけで手軽で簡単に利用できるため、今後も需要は増すと考えられる。

9. まとめ

野菜スプラウトは、食べやすさと利用のしやすさから消費者に人気の食材である。近年、そこに含まれている機能性成分の豊富さから次々に新しいスプラウトが出現している。それらの製法、機能性成分の研究結果をまとめると次のとおりである。

- 野菜スプラウトは、含まれている機能性成分とその量の研究が進み、健康野菜として認知されてきた。
- ブロッコリースプラウトには、抗ガン作用を有するスルフォラファンが多く含まれていて注目されている。
- ソバスプラウトは、多くの機能性成分が含まれていることが分かった。
- ソバスプラウトを乳酸菌や酵母で発酵させた発酵ソバスプラウトは、スプラウトより機能性成分の量が多く、さらに異なる機能性成分も含有する。アレルギーを起こすタンパク質をほとんど分解し、さらに抗アレルギー作用があり、また抗酸化活性成分、血圧調整作用を示し、それらの

活性成分を調べた結果、抗酸化活性成分としてインドール-3-エタノール、血圧調整作用を有する化合物のニコチアミン、2"-ヒドロキシニコチアミン、また活性は弱い、ペプチド3種、DVTLPPESTR、DDNAITSPIAGKおよびDPADVVRAGRが得られた。

- 発芽玄米は、玄米に比べて多くの栄養素が増加するだけでなくGABAが10倍となった。
- 野菜スプラウトは扱いやすく調理の利用が容易であるため今後も新しいスプラウトが次々に出現すると考えられる。

引用文献

- Nakaji, S., Sugawara, K., Saito, D., Yoshioka, Y., MacAuley, D., Bradley, T., Kemohan, G., and Baxter, D. (2002). Trend in dietary fiber intake in Japan over the last century. *European Journal of Nutrition*, Vol. 41, No. 5, 222-227.
- Takeshita, M., Ueda, H., Shirabe, K., Higuchi, Y., and Yoshida, S. (1997). Lack promotion of colon carcinogenesis by high-oleic safflower oil. *Cancer*, Vol. 79, 1487-1493.
- Onogi, N., Okuno, M., Komaki, C., Moriwaki, H., Kawamori, T., Tanaka, T., Mori, H., and Muto, Y. (1996). Suppressing effect of perilla oil on azoxymethane-induced foci of colonic aberrant crypts in rats. *Carcinogenesis*, Vol. 17, No. 6, 1291-1296.
- Maejima, M., Nakatsugawa, H., Ichida, D., Maejima, M., Aoyama, Y., Maoka, T., and Etoh, H. (2011). Functional compounds in fermented buckwheat sprouts. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, Vol. 75, No. 9, 1708-1712.
- マガジンハウスムック編集部(編) (2020). Dr.クロワッサン：体に効かせる野菜の食べ方, 11月号, マガジンハウス.
- Zang, Y., Talalay, P., Cho, C., and Posner, G. H. (1992). A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 89, 2399-2403.
- 衛藤英男 (2013). おいしさの秘密②：わさび. 現代科学, 5月号, 44-46.
- 茅原紘・酒本貞昭 (2008). 生活習慣病予防と発芽そば発酵エキス. 冬青社.

(受稿：2020年11月6日 受理：2020年11月24日)