

2. 機能性成分・活用性等調査

－各種機能性成分を有した国産農作物－

2. 機能性成分・活用性等調査

2-1. 各種機能性成分を有した各種国産農水産物「茶」

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜茶業研究所 山本（前田）万里

（1）はじめに（お茶の歴史）

茶樹は、ツバキ科、カメリア属（*Camellia sinensis* L.）の永年性常緑樹で原産は中国雲南省周辺とみられる。茶のルーツも中国であるといわれ、世界中の茶に対する呼称はほとんど、チャもしくはテに帰属する。緑茶、紅茶、ウーロン茶に代表されるが、その種類は多種多様である。しかし、植物学的には同じ茶樹の茶葉を製造したものである。現在世界で生産される茶のうち最も多いのは紅茶で、約 200 万 t、およそ 80%を占めている。緑茶と中国茶は、合計でも 50 万 t ほどであり、日本の緑茶製造は 10 万 t 程度である。

中国では周の時代(BC2000 年)にはすでに山地産のヤマチャがあったと言われている。神農氏（しんのう）が薬草を試して歩くのに毒消しに使っていたとされている。茶経（陸羽著）には、「茶は南方の嘉（良い）木なり，味は寒性（体を冷やす），心身鎮静に効あり，熱で喉が渇くとき，気分が沈みがちなとき，頭痛や目やにがでるとき，手足の節々が痛み，のびないときは茶湯を 4～5 杯飲めば効果があらわれる」と書かれている。日本へは 805 年（奈良朝の末期から平安朝の初期）に永忠が唐から団茶を持ち帰り、815 年、近江梵釈寺にて嵯峨天皇に茶を献上したことから宮廷、貴族の間で喫茶の風習が広まった。当初は主として僧侶や貴族の間でのみ、薬用的趣味として飲用されていたため、平安末期に一時廃絶に近い状態になった。

これを復興したのが鎌倉初期の留学僧の栄西禅師で、1191 年に、宗より帰朝の際、種子を持ち帰り、肥前平戸島葦浦、筑前の背振山に栽植し、同時にこれを各地に広めた。また、日本最古の茶書である『喫茶養生記』を著した。喫茶養生記には、「茶は養生の仙薬、養生の秘訣は五臓（肝、肺、心、脾、腎）を保つこと。茶はその苦味をもって心臓を強くし、五臓の調子を整える。また、茶は酒をさまし、眠気を取り、精神を高揚させる。傷を癒し、疲労感を取り、利尿をよくする。飲水病（糖尿病）、中風、食欲不振、脚気にもよい」と書かれている。栄西禅師は、1214 年に源実朝に養生記に茶を添えて献上した。その後、明恵上人〔梅尾の茶（本茶）、宇治茶〕、聖一国師〔静岡茶〕などが茶の復興に貢献した。茶祖栄西禅師が宗よりもたらした茶のつくり方は、現在の抹茶方式で、室町時代に入り急速に発展した。1244 年には、道元禅師が永平寺を開山し、大茶会を開いている。茶の湯の開祖といわれる村田珠光や千利休などの名匠もこの頃輩出した。秀吉、家康も茶を愛好した。江戸時代の初期には煎茶の飲用も始まった。これは、隠元禅師が中国式釜炒り茶の製法を伝えたのが始まりで、我が国における煎茶道の開祖といわれる。なお、1738 年（元文 3 年）に京都山城国湯屋谷の永谷宗円により蒸し製煎茶が

考案され品質は著しく改良され、形式にとらわれない、より庶民的な茶として急速に普及した。また、1835年には玉露も試製され、茶の種類も多くなった。大正12年に三浦政太郎医博により緑茶中にビタミンCが多量に含まれること、1985年（昭和60年）に嘉田恒博士により緑茶中タンニンが突然変異を阻害することが発表され、緑茶は保健的飲料として価値が倍加した。また、品種改良、冷蔵貯蔵の普及により、茶のうまさが大衆に浸透し、煎茶を中心に今日まで日本人の嗜好飲料の主流をなしている。

伝承の効用としては、眠気覚まし、熱冷まし、食あたり治癒、咳止め、はやり目治癒、利尿、脱臭、酔い覚まし等があった。

（２）産地と品種（生産量、分布等）

茶の栽培地がある都道府県（平成20年全国茶生産団体連合会調査）は、宮城、茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、新潟、山梨、長野、静岡、岐阜、愛知、三重、滋賀、京都、兵庫、奈良、和歌山、鳥取、島根、岡山、広島、山口、徳島、香川、愛媛、高知、福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島、沖縄である。荒茶の生産量が多い順に、静岡県（40,100t）、鹿児島県（26,000t）、三重県（7,490t）、宮崎県（3,215t）、兵庫県（2,704t）、京都府（2,704t）、福岡県（2,312t）、奈良県（2,266t）、佐賀県（1,776t）、熊本県（1,668t）、埼玉県（1,060t）となっている。この20年度統計では、全県で94,330tの生産があった。

品種別栽培面積（18年度）については、多い順に、やぶきた（37,161ha、76.7%）、ゆたかみどり（2,424ha、5%）、おくみどり（930ha、1.92%）、さやまかおり（756ha、1.56%）、さえみどり（734ha、1.52%）、かなやみどり（669ha、1.38%）、あさつゆ（490ha、1%）、べにふうき（100ha、0.21%）となっている。

（３）成分と機能性（機能性成分の種類、含量、効果）

① 含有成分

図1¹⁾に含有量を示したように、茶の葉には、ポリフェノールの一種であるカテキン類（渋味）、カフェイン（苦味）、テアニン、グルタミン酸等のアミノ酸（旨味）、各種ビタミン(B、C、D、E)、フラボノール、クロロフィル・カロチン(ビタミンA)・アントシアンなどの色素類、亜鉛・フッ素・セレンなどの微量元素類、遊離糖類、多糖類、サポニンなどが含まれている。茶は、一般にコーヒーよりもポリフェノール、カフェインがわずかに多い。

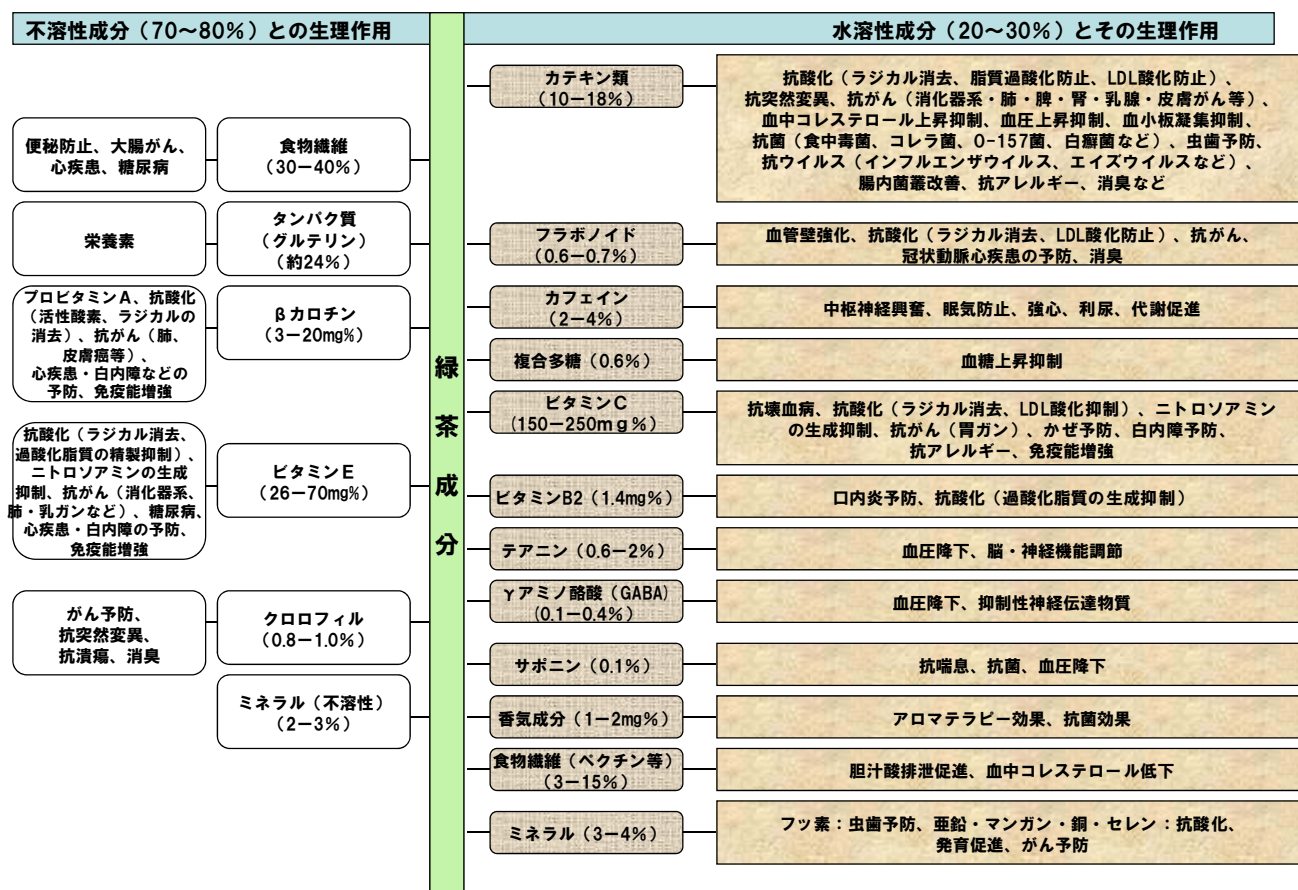


図1 緑茶成分と機能性¹⁾

i) ポリフェノール

茶に含まれるポリフェノール（タンニンともいう）としては、代表的なカテキン、フラボノール、ロイコアントシアンなどがある。カテキン類としては、エピガロカテキン-3-O-ガラート(EGCG)、エピガロカテキン(EGC)、エピカテキン-3-O-ガラート(ECG)、エピカテキン(EC)等が緑茶中 10～20%を占め、渋味や苦味を形成する。一般にカテキン類は被覆茶葉より露天茶葉の方が多く、夏茶で多くなる。紅茶は揉捻、発酵過程中酸化酵素によりカテキンの大部分がテアフラビン（カテキンの二量体で橙色の色素）やテアルビジン（さらに高度重合した赤色ないし褐色色素）に変化する。紅茶中には、テアフラビンは0.5～1.4%、テアルビジンは8～16%含まれている。

ii) タンパク質・アミノ酸

20～30%含まれ、この中で純タンパク質はアルブミン、グロブリン、グルテリンなどからなる。アミノ酸は 10 数種類含まれ、旨味や甘味を出し茶の味を決める要素となる。アミノ酸全体の 60%がテアニン（グルタミン酸のエチルアミドで上品な旨味、甘味がある）で、そのほかグルタミン酸、アスパラギン酸、アルギニン、セリンなどが主なものである。

iii) 糖質

単糖、オリゴ糖では、ショ糖、ブドウ糖、果糖が主要なもので、アラビノシルイノシトールが含まれている。多糖では、ガラクトタン、アラバン、アラビノガラクトタン、ペクチン、デキストリンなどが含まれる。

iv) ビタミン類

茶の成分のうち重要なのはビタミンCで、煎茶、釜炒り茶、番茶、抹茶の順に平均250,200,150,60mg/100g 含まれる。ただ紅茶では発酵過程でほとんど失われる。そのほかビタミンA、B 1、B 2、ナイアシンも含量が多い。また、パントテン酸、葉酸、ビオチン、ビタミンEの作用をもつトコフェロール、ビタミンPの効果のあるルチンなどが含まれる。

v) 無機質

茶にはそのほか 5~7%の無機成分が含まれる。このうち 50%がカリウム、15%がリン酸で、そのほかカルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン、ナトリウムなどがある。シュウ酸など有機酸も含まれる。また、微量成分として大切なセレン、亜鉛も含む。ただしこれらは茶葉そのものに含まれる成分で浸出液とした場合、栄養成分は過剰な期待はできない。しかし、カテキンなどを含むため、特に緑茶は健康飲料としても支持されている。

② 機能性

i) 抗酸化作用

体内でできる過酸化物質は、老化やがんなどの疾病の大きな原因の一つといわれている。天然には、様々な抗酸化物質が存在し、数多く見出されているが、茶にも強力な抗酸化物質が含まれている。茶成分のうち、特にカテキン類が強い抗酸化性を示すことが報告されている。茶の中に含まれるカテキン類は、代表的なものを挙げると、緑茶では EGCG、ECG、EGC、EC、紅茶ではテアフラビン、テアフラビン-ジ-ガラクト、テアシネンアン、テアルビジンなどがある。まず、カテキン類は、食品中の油脂の酸化を防止し、 α -トコフェロール（ビタミンE）と相乗的に働くこと²⁾がわかった。

酸素は、普通、安定な三重項酸素として存在するが、生体内では電子受容体として作用し、最終的には水まで還元される。その過程で、ヒドロキシラジカル、スーパーオキシド、過酸化水素などの活性酸素（悪玉酸素）が生成する。この活性酸素は身体には必要であるにも関わらず、膜脂質過酸化、DNA 損傷など生体障害を引き起こし、

老化や癌化などと密接に関わってくる。その生体内脂質酸化をカテキン類が強力に防止することが認められている。

緑茶のカテキン EGCG はラット肝臓中のミクロソーム、ミトコンドリア中で脂質の過酸化を抑制し、その効果は α -トコフェロール（ビタミンE）に比べはるかに強いこと³⁾、ラット肝ミクロソームやウサギ赤血球膜を用いた *in vitro*（試験管内）実験において緑茶カテキン類⁴⁾あるいは紅茶テアフラビン類⁵⁾が優れた脂質過酸化抑制能をもつことなども報告されている。また、茶熱水抽出物は極微量でヒドロキシラジカルを 100%捕捉すること⁶⁾も明らかにされている。緑茶カテキン類は自らが強力なラジカルスカベンジャー（活性酸素捕捉剤）として働くことにより、優れた抗酸化性を発揮していると考えられている⁷⁾。

ii) 抗がん作用

お茶の機能性として最も良く知られているのが、がんに対する作用である。がんは、発がんイニシエーション（開始）、発がんプロモーション（促進）の過程を経て発生すると考えられている。すなわち、イニシエーションの過程で、発がん物質が体内の DNA に傷を作って突然変異が起こり、それに続くプロモーション過程で突然変異をおこした細胞が無限増殖してがん化する。茶のカテキン類は、突然変異抑制（発がんイニシエーション抑制）作用⁸⁾～¹¹⁾や発がんプロモーション抑制作用¹²⁾～¹³⁾抗腫瘍性（がん細胞増殖阻止作用）、さらにはがん組織切除後に問題となるがん転移抑制作用を示すことがわかっている。

緑茶抽出物や EGCG が発がん物質の変異原性を低下させることが初めて明らかにされた¹⁴⁾のが 15 年前のことで、それから茶によるがん抑止研究が始まった。

前項で述べたように、カテキン類、特に EGCG は、ラジカルスカベンジャー（活性酸素捕捉剤）として働き、フリーラジカル生成を抑制し、さらに DNA 損傷を抑えることで、発がん抑制作用を示すものと考えられている。

茶カテキン類は上記の作用のみならず、がん転移阻害作用を有していることもわかってきた。肺がん細胞をマウス尾静脈に注入したとき、EGCG を経口投与しておく、肺への自然転移が抑制されること¹⁵⁾、がん転移のときには、ヒト血管内皮細胞層をがん細胞が通過（浸潤）することが絶対必要なのだが、この浸潤を ECG、EGCG、テアフラビンが強く阻害（図 2）すること¹⁶⁾もわかっている。これらのポリフェノール類はヒトがん細胞が浸潤するときに分泌されるタンパク質分解酵素（MMPs；マトリクスメタロプロテナーゼ）活性を阻害することを筆者らも認めている。がん転移には、血管内を流れてきたがん細胞が血管内皮に接着及び浸潤することが必須であるが、ガレート基をもつエステル型カテキンはその過程を阻害する。

疫学的な調査もいくつか報告されている。静岡県茶生産地である川根でがん死亡

率、特に胃がん死亡率がきわめて少ないことや茶の飲用量が多ければがん罹患率が低くなることが明らかにされている¹⁷⁾。特に発がんに関連が深いといわれているフェリチンの血中濃度が一日に10杯以上飲む人で少ないこと¹⁸⁾も興味深い。また、茶の抽出液が、胃がんとの関連性が高いといわれているヘリコバクターピロリの増殖を阻止すること¹⁹⁾も明らかにされている。

経口投与した場合、体内に入るカテキンの量が問題になるが、(+)-カテキン-3-O-メチルを2g経口投与したときにヒト血清中に約20 μ g/ml検出されること²⁰⁾、ラットに経口投与したEGCGが質量分析及び液体クロマトグラフなど分析によって血液中で検出されること²¹⁾などが明らかにされている。また、飲んだ茶の中のカテキン類(400mg)が血液1ml中900ng検出されるとも報告されている。茶葉中のカテキンが20%で、その50%が溶出し、1杯に1人3g使うとして計算すると、有効量に達するためどの程度、茶を飲んだらいいのかがわかるが、抗がん研究の結果などから、1日に5杯以上あるいは10杯以上飲むのが良いといわれている。

これまでのことから、お茶は、がんのできるとき、がんの育つとき、がんが他臓器へ転移するとき、それぞれに抑制効果を示すと考えられる優れた食品であることがわかる。

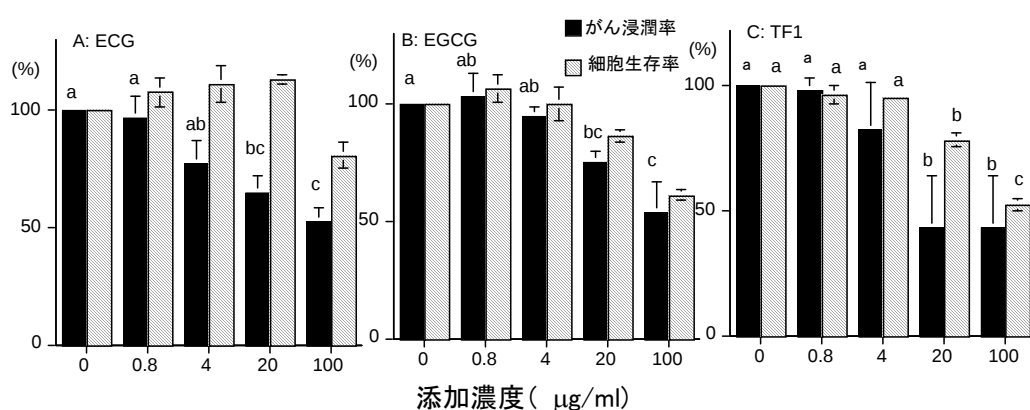


図2. 茶カテキン類のがん浸潤阻害効果

iii) 生活習慣病予防作用

高コレステロール血症は動脈硬化の主な原因となっている。従って、動脈硬化、脳卒中、心筋梗塞などの生活習慣病の予防には、血中コレステロール値を正常に保つことが必要となる。茶カテキン類を高コレステロール食に混ぜることで、ラットの血中コレステロール値の上昇が有意に抑制され²²⁾、肝臓脂質代謝が改善され²³⁾、特に悪玉とされているLDL-コレステロール値の上昇が抑えられた²⁴⁾。カテキンの作用メカニズムについては、腸管循環するコレステロールの吸収を抑制することによるものと考えられている。

一方、心筋梗塞や脳梗塞などの循環器系疾患の1つの原因として、血液中の血小板機能の亢進と血小板凝集に続いて起こる血栓形成による血管の塞栓（血管を閉鎖する栓）が考えられるが、茶抽出液及びカテキン類は、血小板凝集を抑制する²⁵⁾ことから、血栓を抑制する効果が期待される。また、本態性高血圧（いままで知られている原因ではなく起こる高血圧）において重要な役割を果たすアンジオテンシン II を作るアンジオテンシン I 変換酵素活性を茶カテキン類が阻害した²⁶⁾。*in vivo*（生体内）では、緑茶熱水抽出物の静脈投与によりウサギの血圧が持続的に低下すること、茶浸出液を経口投与した高血圧自然発症ラットで血圧上昇が有意に抑えられること、緑茶抽出カテキン類の経口投与により高血圧自然発症ラットの血圧上昇を抑制し、かつ脳卒中易発症ラットの生存日数を延長すること²⁷⁾などが報告されている。また、無酸素（窒素充填）処理を行って γ-アミノ酪酸含量（GABA）を高めたギャバロン茶²⁸⁾も抗血圧上昇効果²⁹⁾を示した。降圧のメカニズムとして、緑茶カテキンはフリーラジカルの捕捉剤として働き、さらにカリクレイン・キニン系（生体の代表的ペプチド；血管平滑筋を弛緩して血圧を降下させる）に作用することによるものと考察されている。

茶は古くから糖尿病の治療に効果があるといわれてきたが、カテキンをインシュリン依存性マウスにブドウ糖とともに経口投与したとき、血糖値が顕著に低下すること³⁰⁾が確認され、その作用はインシュリン分泌促進とは異なり、糖尿病の大部分を占めるインシュリン非依存型糖尿病への効果が期待された。茶抽出物をストレプトゾトシンという薬剤を使って高血糖を誘発したラットに尾静脈投与すると血糖値を降下させることも報告されている。血糖降下活性画分の分画が行われて、1つの有効成分として複合多糖類があること³¹⁾が示されている。お茶の中にはかなりの量の多糖類が入っており、この生理機能性は今後調べられていくものと期待される。

iv) 抗う蝕・抗菌・抗ウイルス作用

茶カテキン類が虫歯を予防することはよく知られており、いくつかの作用機作が報告されている。虫歯（う蝕）は、主な原因菌であるストレプトコッカスミュータンスが分泌するグルコシルトランスフェラーゼ（GTF）という酵素が食品中の糖質から不溶性グルカンを合成し、このグルカンを通してミュータンス菌が歯表面に付着し（プラーク形成）、さらに出来てくる酸により歯のエナメル質が破壊されることにより起こる。茶カテキン類は、ミュータンス菌の増殖阻害作用³²⁾、GTF 活性阻害によるプラーク形成阻害作用³³⁾をもつことが認められている。また、茶のフレーバー（香気成分）の1つであるインドールがミュータンス菌の抗菌作用をもつことも報告されている。このようなことから、緑茶から抽出されたカテキン類は、食品素材として広く利用され、子供用の菓子や飲料などに添加されている。特にこの生理機能にたいして

は、厚生労働省から特定保健用食品（チョコやガムなど）の認定を受けた菓子も広く売られている。

茶の飲用が、細菌性下痢症に効果があることは古くから知られていたが、茶カテキン類は強い抗菌、抗ウイルス作用をもつことが報告されている。食中毒細菌 9 株に対する茶カテキン類の最小発育阻止濃度 (MIC: 菌の発育を阻止する濃度) が調べられ、ボツリヌス菌、セレウス菌、ウエルシュ菌、黄色ぶどう球菌、腸炎ビブリオ菌などに抗菌活性^{3 4)} が確認されている。カテキン類の 1 つである EGCG の抗菌作用の機作の 1 つとして、細菌の細胞膜構造の破壊^{3 5)} が考えられている。その他、植物病原菌に対する抗菌作用、百日咳菌、MRSA (メチシリン耐性黄色ブドウ球菌)、マイコプラズマ、インフルエンザウイルス (以上緑茶カテキン類)、インフルエンザウイルス (紅茶テアフラビン) に対する感染阻止能も報告されている。さらに、EGCG がエイズウイルス (HIV) の逆転写酵素を阻害すること^{3 6)} が明らかにされており、AIDS 治療薬として期待されている。また、茶はカテキン類だけでなく、その香り成分も抗菌作用を有していることが最近明らかにされ、今後の研究が期待される。

v) 抗アレルギー作用

アレルギーは過度の免疫反応の 1 つであり、アレルギーを発症させる原因物質をアレルゲンという。植物、動物、微生物、食物、薬物、化学物質などのアレルゲンが体内に進入すると、免疫を担当している細胞である体内のマスト細胞、好塩基球、好酸球、T リンパ球、B リンパ球などが活性化されて産生・放出する生理活性物質によって体内のいろいろな組織が傷害される現象がアレルギーである。近年、乳幼児の 1/3 がアレルギーを持っているという報道もあり、アレルギー疾患が増加して大きな社会問題になっている。そこでアレルギーを改善するため、食品から抗アレルギー成分やアレルギー予防因子を見つけようとする試みがなされ、茶についても同様の検討がなされてきた。抗アレルギー作用の試験には、ラットやマウスのマスト細胞 (肥満細胞: 血管には存在せず、組織中にある免疫細胞) と呼ばれる免疫に関わる細胞がよく用いられる。マスト細胞は、その表面にアレルギー発症に強く関与するといわれる免疫グロブリン E (IgE) と特異的に結合するレセプター ($\text{Fc}\epsilon\text{RI}$) を持っている。そこへ IgE 抗体やアレルゲンが結合すると、マスト細胞は活性化されて中から顆粒が放出され、化学伝達物質 (ヒスタミン、ロイコトリエン等のケミカルメディエータ類) が遊離され、またサイトカイン (生理活性物質の 1 種) なども産生される。これらの生理活性物質が体内の組織を傷害したり、他の免疫を担う細胞を遊走させたり、また活性化してアレルギーを進行させるといわれる。そのため、このケミカルメディエータ、特に細胞内に蓄えられているヒスタミンの遊離量を測定することで、抗アレルギー性の評価を行うことが多い。

最初に、ラット腹腔内のマスト細胞を使った実験で、茶のタンニン類が抗アレルギー性を持つ可能性があるとの報告³⁷⁾された。茶のタンニン類とは、緑茶の渋味成分であるカテキン類などのポリフェノール物質のことをさす。続いて、ラット腹腔内のマスト細胞を使って、茶葉を熱水で抽出した浸出液のヒスタミン遊離に及ぼす影響が調べられた。‘やぶきた’（現在日本で最もポピュラーな品種の名前で、国内の品種の75%以上を占める）の茶葉を緑茶、ウーロン茶、紅茶に製造し、その熱水抽出液をラット腹腔内のマスト細胞に添加して、脱顆粒したときのヒスタミン量を比較した。その結果、すべての茶葉抽出液に抑制活性が認められ、さらにフェノール性物質を特異的に吸着する素材であるポリビニルポリピロリドン（PVPP）処理を行った茶抽出液を用いた実験では、フェノールの吸着量が増加するほどヒスタミン遊離抑制能が減少したことから、活性の本体が主としてフェノール性物質であると推察されている。

また、緑茶熱水抽出液をマウスに経口投与すると TNF（Tumor Necrosis Factor）というアレルギーの炎症反応に関わっている生理活性物質の活性が抑えられ、緑茶熱水抽出液から精製したカフェイン画分がマウスのアレルギー性耳介浮腫（遅延型アレルギーの試験の1つ）を強く抑制することも示されている。薬品であるカフェインだけ与えても同様な抑制効果があり、緑茶の抗アレルギー作用は緑茶に含まれているカフェインによるもの³⁸⁾とされている。

抗アレルギー作用を有する健康食品を開発するために、ウーロン茎茶抽出物の抗アレルギー性も検討された。ウーロン茎茶抽出液がマスト細胞からのヒスタミン遊離とラットの PCA 反応を強く抑制したのに対して、ウーロン茶抽出液はわずかな抑制作用を示すにとどまり、ウーロン茎茶抽出物に優れた抗炎症、抗アレルギー作用が見いだされた³⁹⁾。

また、緑茶のカテキン類（EGCG、EGC、ECG、EC、カテキン（C）、ガロカテキンガレート（GCG））およびカフェインをラット腹腔内のマスト細胞に添加して抗アレルギー性の試験を行ったところ、EC、Cを除くカテキン類とカフェインにヒスタミン遊離抑制効果が認められた⁴⁰⁾。EGCGは前述したように、緑茶のカテキン類の半分を占める最も主要なカテキンであり、EGCGのガロイル基がその活性に重要な部位であると同時に、それを介して細胞膜の安定化等に関与しているものと考えられている。

さらに、初期アレルギーの中心的な役割を果たすマスト細胞（マウスマスト細胞株 MC/9 及び PT-18）を用いた実験系を作って、アレルゲン特異的 IgE 及びアレルゲン刺激時（脱顆粒時）のヒスタミン遊離量を指標に、抗アレルギー活性を有する茶品種・系統等の探索を行った。その結果、普通煎茶のほとんどを占める品種である「やぶきた」ではなく、紅茶系品種「べにほまれ（茶農林1号）」や台湾系統に強いヒスタミン遊離抑制作用を見出した⁴¹⁾。茶種（製造法）では緑茶、弱発酵茶である包種茶（烏

龍茶より軽く発酵させた茶)により強い作用が認められた。マスト細胞内チロシンキナーゼ(細胞内情報伝達系)の活性を調べたところ、PVPP(ポリビニルポリピロリドン)でポリフェノール除去処理すると、その効果が弱くなることから、それらの茶に含有されるポリフェノール類が関与すると考えられた。さらに、抗アレルギー因子の単離・精製を進めたところ、台湾産烏龍茶や「べにほまれ」緑茶に含まれる抗アレルギー物質は、抗アレルギー作用を含む多様な機能性が報告されている EGCG のガレート基がメチルエーテル化されたメチル化カテキン類、エピガロカテキン-3-*O*-(3-*O*-メチル)ガレート(EGCG3"Me) およびエピガロカテキン-3-*O*-(4-*O*-メチル)ガレート(EGCG4"Me)(図3)であることがわかった⁴²⁾。EGCG3"Me はヒト好塩基球株 KU812 のカルシウムイオノフォア刺激時のヒスタミン遊離も抑制した⁴³⁾。

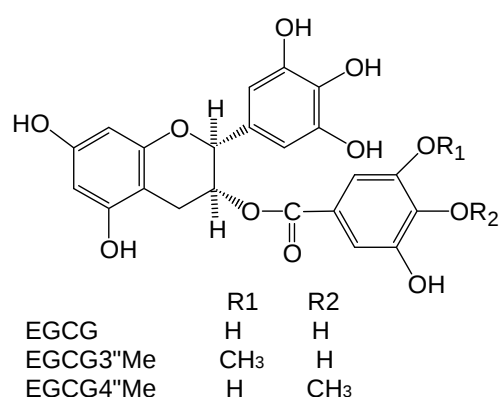


図3. EGCG、メチル化カテキンの構造式

マウスを使った I 型アレルギー反応実験においても EGCG に比べ強い抗アレルギー作用を示した。さらに IV 型アレルギー反応実験である、オキサゾロン誘発皮膚炎検定法により、メチル化カテキン類を含む各カテキンの効果を検討した。I 型アレルギーに対して抑制効果を示した EGCG3"Me と EGCG4"Me は 0.13mg の耳介への塗布において、耳介浮腫に対する効果(厚さ、重量でそれぞれ評価)は、ステロイド系抗炎症剤のヒドロコルチゾンよりやや弱い程度の効果が認められる。また、4 種の主要カテキン(EC、ECG、EGC、EGCG)が効果を示さない 0.05mg の塗布において、有意な抑制効果を示した⁴⁴⁾ことから、メチル化カテキン類は主要なカテキン類に比べ、抑制効果が高いと考えられる。

これらメチル化カテキン類は、薬物動態解析の結果から、茶の主要なカテキンである EGCG に比べ、マウス血漿中での安定性が高く、吸収後の血中からの消失が EGCG に比較して緩やかであり、経口投与による吸収率も有意に高値を示す(60 分での血中濃度は EGCG3"Me 遊離体で EGCG の 9 倍と高い)⁴⁵⁾。ヒトでも血中濃度は、EGCG の 6 倍程度になり、代謝もゆるやかであった(AUC で EGCG の 5.1 倍)(図4)⁴⁶⁾。このような安定性の高さと吸収率の良さも *in vivo* での強い抗アレルギー作用に関わ

っていると考えている。

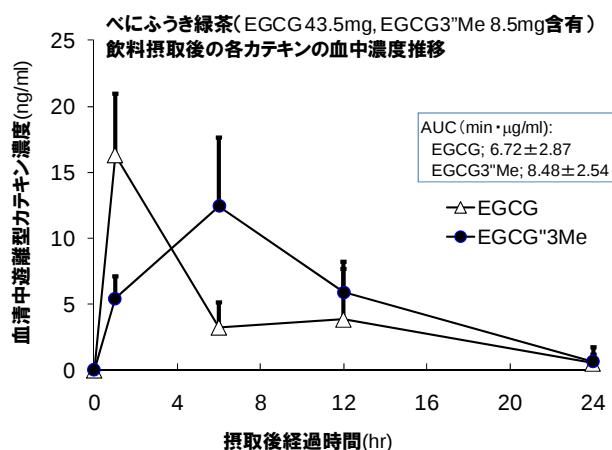


図4. 「べにふうき」緑茶飲用後のEGCG及びEGCG3"Me量の血中濃度の推移(ヒト、n=6)

これら、メチル化カテキンの作用としては、マスト細胞内チロシンキナーゼ(Lyn)リン酸化阻害⁴⁷⁾、カテキンレセプタである67LRを介した高親和性IgEレセプタ発現抑制⁴⁸⁾やミオシン軽鎖リン酸化阻害⁴⁹⁾が認められており、それらの作用により、脱顆粒が抑制されると考察している(図5)。

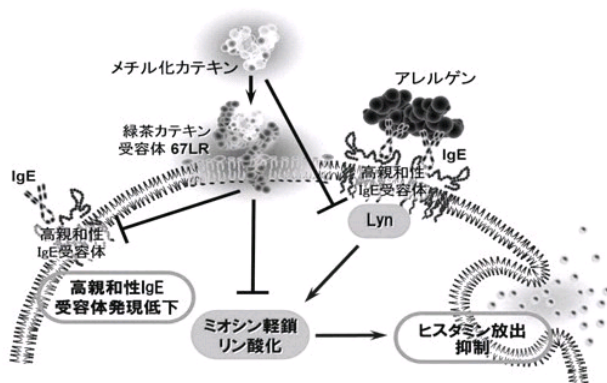


図5. メチル化カテキンの抗アレルギー作用のメカニズム

特に、67LRを介した抗アレルギー作用はEGCGにも認められており、EGCGやEGCG3"Meは、マスト細胞や好塩基球上の脂質ラフトに局在する67LRへの結合、MAPKであるERK1/2リン酸化抑制、ミオシン軽鎖ホスファターゼの活性調節サブユニットMYPT1の活性化、ミオシン軽鎖リン酸化抑制などのイベントを経て脱顆粒を抑制した。67LRを介した脱顆粒阻害は、エピカテキン(EC)、エピガロカテキン(EGC)、ストリクチニン、ケルセチンなどには認められなかった⁵⁰⁾。

初期アレルギー反応において、マスト細胞にアレルゲン特異的IgE抗体が結合する

ことが引き金になることは前述の通りである。アレルギー患者は健常人に比べ、血液中の IgE 値が高いことが知られており、その過剰産生が花粉症、アトピー性皮膚炎などのアレルギー疾患を発症させる原因の 1 つと考えられている。そのため、IgE 産生のコントロールはアレルギー制御の上で重要であると考えられる。免疫グロブリン分子は重鎖定常領域の構造によって、IgM、IgG、IgA、IgD、IgE のサブクラスに分けられている。成熟 B 細胞は分化直後に IgM を産生しているが、サイトカインの刺激により他のクラスの重鎖定常領域に遺伝子を組み換えることをクラススイッチと呼び、IgE の場合、IL-4、IL-13、CD40L 等により誘導される。DNA の組み換えに先立ち、IgE 重鎖胚型転写物 (εGT) が産生される。そこで、ヒト成熟 B 細胞株 DND39 を用いて IgE 産生を抑制する物質の検索を行い、緑茶中の加水分解型タンニンであるストリクチニンが B 細胞の εGT 発現を強く抑制することが明らかになった^{5 1)}。ストリクチニンは、健常人由来の末梢血単核球においても IL-4 誘導性の εGT 発現を抑制し、常に εGT 発現をしているアトピー性皮膚炎患者由来の末梢血単核球の εGT 発現も強く抑制した。この作用は、茶葉中カテキン類には認められなかった。また、卵白アルブミン感作マウスでの経口投与試験でも、ストリクチニンは、卵白アルブミン特異性 IgG、IgM には影響を与えず、IgE 産生を特異的に抑制した。ストリクチニンの阻害機構を検討したところ、STAT6 のチロシンリン酸化を抑制することにより IL-4 誘導性の εGT 発現を抑制し、IgE 産生を抑制することが示された。茶カテキン類は IL-4 誘導性の εGT 発現を阻害しないが、STAT6 のリン酸化にも影響を及ぼさなかった^{5 1)}。ストリクチニンと似た構造をもつ 1,2-di-*O*-galloyl-4,6-*O*-(*S*)-hexahydroxydiphenyl-β-D-glucopyranose (galloyl-ストリクチニン) やテオガリンもヒト末梢血単核球 IL-4 誘導性 IgE 産生を抑制した^{5 2)}。

茶品種を探索すると、EGCG3"Me は「べにほまれ」とその後代（「べにふじ（茶農林 22 号）」、「べにふうき（茶農林 44 号）」）に多く含まれていた^{5 3)}。「べにふうき」の EGCG3"Me は二番茶～秋冬番茶に多く含まれ（九州以北）、紅茶にすると消失するので、緑茶に製造しないと利用できない。葉位では成熟葉に多く含まれ、茎にはほとんど含有されていなかった^{5 4)}。これらのことから、実際の生産現場では、4～5 葉まで大きく伸ばした茶芽を摘採して製造を行っている。「べにふうき」は多収で樹勢が強く、一番茶から秋冬番茶まで製造でき、病害（輪斑病、炭疽病）に強いので農薬を減らすことができ、安全性、安心性の高い農産物として栽培できる。

「べにふうき」緑茶はダニを主抗原とする通年性アレルギー性鼻炎有症者 92 人の二重盲検無作為群間比較試験で、「べにふうき」緑茶（1 日あたりメチル化カテキン 34mg）を 12 ヶ月続けて飲用すると、自覚症状におけるくしゃみ発作、鼻汁、眼のかゆみ、流涙スコアにおいて、「やぶきた」緑茶摂取群に比べ有意に軽症で推移した^{5 5, 5 6)}。1 日あたりメチル化カテキン 17mg、68mg 投与も比較したが、17mg では症状

軽減効果はなく、68mg では 34mg と同様の結果であった⁵⁶⁾。その他医師による問診、血液検査、理学検査、尿検査の結果から、被験飲料の摂取に起因すると思われる有害事象は観察されなかった。

スギ花粉症状を示すボランティアにメチル化カテキンを含有する「べにふうき」緑茶や「べにふじ」緑茶とプラセボ緑茶を飲用してもらい、その効果を二重盲検無作為群間比較試験で評価した。花粉の飛散の増加とともに、鼻の症状（くしゃみ、鼻汁、鼻づまり）、眼の症状は悪化した。「べにふうき」や「べにふじ」緑茶を飲用している群は、プラセボである「やぶきた」（メチル化カテキンを含まない）緑茶を飲用させている群に比べ、有意に症状スコアの改善が認められた^{57, 58)}。特に、くしゃみ、鼻汁、眼のかゆみで顕著であった。マスト細胞が脱顆粒するとヒスタミンが放出されるが、そのヒスタミンに依存するといわれるくしゃみ、鼻汁、眼のかゆみであり、この結果はそれをよく説明するものと考えられた。福岡県内 12 施設の耳鼻咽喉科医院を受診したスギ花粉症患者 486 例に、「べにふうき」緑茶飲用群と「やぶきた」緑茶飲用群に分けて 2005 年 2 月 1 日から毎日、スギ、ヒノキ科花粉飛散終了時まで飲用させた。症状の重症度、薬剤使用量及び QOL 障害度をスコア化して 2 群間内で比較したところ、両群間で眼・鼻症状の日毎推移、QOL 障害度に差はなかったが、スギ花粉飛散時期に合計薬剤スコアが「べにふうき」群で低く、特に飛散ピーク時期以降に「やぶきた」群に比べ低く推移する傾向が見られた ($p<0.1$)⁵⁹⁾。

「べにふうき」緑茶の遅延型アレルギーへの関与を検討するため、マスト細胞からのサイトカイン産生を調べたところ、抗原刺激後 2 時間で、炎症性サイトカイン TNF- α （腫瘍壊死因子）、MIP-1 α （好酸球遊走因子）、IL-6 が多量に産生された。

「べにふうき」緑茶の効果をさらに増強する食品の組み合わせを検討するため、「べにふうき」緑茶と野菜抽出液を組み合わせ、抗原刺激後のマスト細胞からのサイトカイン産生に及ぼす影響を調べたところ、「べにふうき」緑茶のみでも TNF- α 産生を約 40%抑制したが、野菜ではショウガのみが単独で TNF- α 産生を約 70%抑制した。ショウガとの組み合わせにおいて TNF- α 産生は 95%抑制され、MIP-1 α 産生も強く抑制された。「べにふうき」緑茶とショウガエキスの組み合わせは、マスト細胞抗原刺激後の炎症性サイトカイン産生を強く抑制し、強い抗アレルギー効果が期待された⁴⁶⁾。この *in vitro* の試験を反映するように、「べにふうき」緑茶の症状スコア軽減効果がショウガエキス添加（3g のべにふうき緑茶に対しショウガエキスは 60mg/日）により増強されることがわかった。ショウガを添加すると、対照（プラセボ）の「やぶきた」緑茶飲用群に比べて有意に鼻かみ回数やレスキュー薬の点数を加算した Symptom Medication Score が低下し、抗アレルギー薬の節薬効果が認められた（図 6）。

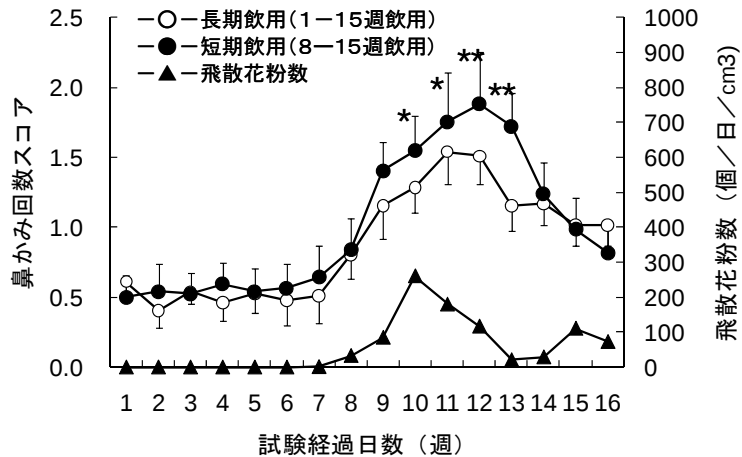


図6. スギ花粉症状をもつボランティアへの「べにふうき」緑茶とショウガの軽減効果（2005年、静岡県島田市、対照は「やぶきた」緑茶で二重盲験試験として実施、スコアが高い方が、症状がひどい、*： $p<0.05$ 、**： $p<0.01$ （プラセボと有意差あり）

さらに、「べにふうき」緑茶をスギ花粉飛散後に短期飲用した場合と比較して、花粉飛散1ヶ月以上前から長期飲用した場合の影響を明らかにするため、オープン無作為群間比較試験で比較した。スギ花粉症有症者36人を2群に分け、「べにふうき」緑茶飲料（1本当たりEGCG3"Meを17mg含有）を1日2本ずつ飲用してもらった。長期飲用群では花粉飛散1ヶ月以上前から飲用し、短期飲用群では花粉飛散が始まり症状が出始めてから飲用を開始した。平年より少ないスギ花粉の飛散条件においても、花粉の飛散にともない、各症状が悪化し、鼻かみ回数、咽頭痛スコアにおいて、長期飲用群が短期飲用群に比べ、花粉飛散に伴う症状の悪化が有意に抑制された⁶⁰⁾。鼻かみ回数、咽頭痛とも、症状が最も悪化する週において有意な差が見られ、涙目、生活の質、鼻 symptom medication score において、長期飲用群が短期飲用群に比べ、花粉飛散に伴う症状の悪化が有意に抑制された（図7）。

また、アトピー性皮膚炎中等症の患者7人に「べにふうき」緑茶エキスを含む軟膏を8週間塗布してもらったところ、エキスの入っていない基剤に比べ、有意にステロイド剤とタクロリムス剤の使用量が減少した⁶¹⁾。また、マウスの試験では、10%「べにふうき」緑茶エキス塗布により、0%エキス塗布に比べ有意に掻破回数が減少したことが報告されている⁶²⁾。

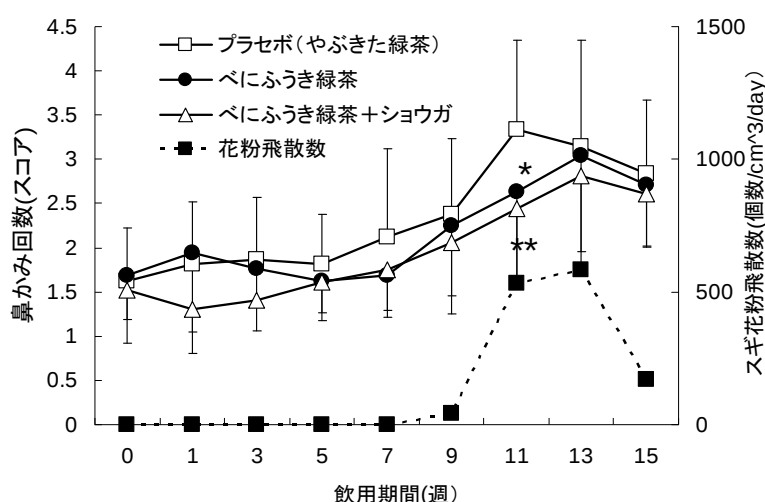


図7. スギ花粉症状をもつボランティアへの「べにふうき」緑茶の飲用タイミングによる効果の相違（スコアが高い方が、症状がひどい、* : $p < 0.05$ 、** : $p < 0.01$ （両群間で有意差あり））

vi) その他の機能性

茶のカテキン類には腸内細菌叢改善作用、アルツハイマー病関連ペプチド（ β -アミロイドペプチド）生成抑制等の機能性が報告されている。

また、二日酔い対策として期待されている肝機能障害抑制効果⁶³⁾が報告されている。その有効成分としては、緑茶のカフェイン、フラボノイド類、食物繊維が見出されている。アルコール性肝障害から脂肪肝、肝硬変、肝臓がんになっていく。茶の肝機能障害を抑制するメカニズムとしては、①肝臓中の NADH/NAD^+ の活性を上げ、ビタミンE減少、グルタチオンペルオキシダーゼ減少といったアルコールによる酸化ストレスを抑制する。②脂肪酸の代謝活性を上げる。③血漿のサイトカイン量（生理活性物質）を制御する、といったことに寄与しているのではないかと考えられている。

vii) 低カフェイン化

乳幼児等カフェインリスクの高い消費者のための低カフェイン処理法の検討を行い、「べにふうき」生葉に 95°C 以上の熱水シャワーを 60 秒以上吹き付けると $\text{EGCG}3''\text{Me}$ を減少させずにカフェインを半減、シュウ酸を 10% 以上減少させられること（図8）⁶⁴⁾ が明らかにされ、それを利用した装置開発も行われている。

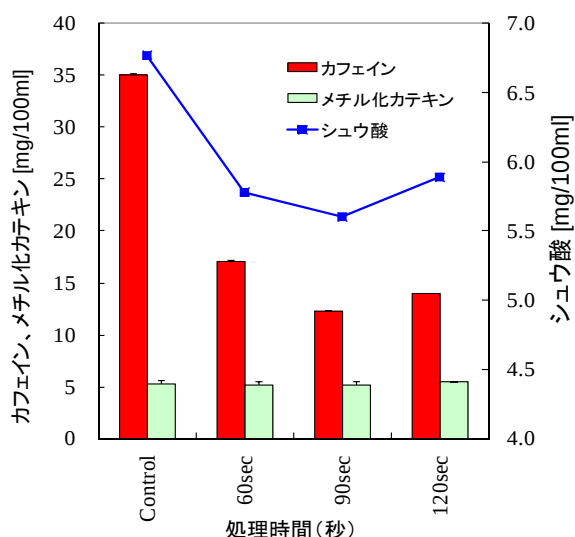


図 8. 熱水処理装置による「べにふうき」中カフェインの低減効果

(4) 茶の種類と製造法

① 茶樹

茶樹は、主に次の3つに大別される。

- ア) 中国種…葉が小さくて丸く、薄い。低木で寒さに強い。カテキン類の含有量は比較的少なく、旨味に関係するアミノ酸含量は多い。
- イ) アッサム種（インド産）…葉が大きくて先が尖り、肉厚で軟らかい。高木で寒さに弱く、カテキン類の含有量は多い。
- ウ) アッサム雑種（中国系アッサム種）…ア) とイ) の交配種（改良品種）で、栽培の主体となっている。

さらに茶葉の大きさによって、大葉、中葉、小葉に分けられる。インドやスリランカ（セイロン）の紅茶産地では高地、中地、低地に行くにつれて中国種、アッサム雑種、アッサム種が栽培されている。また中国や日本の緑茶地帯では、中国種が栽培されている。なお、スリランカの良質な紅茶（ディンブラのハイグロウンティ）や中国の紅茶を産する茶樹はアッサム雑種である。

② 茶の種類と製造法^{6 5)}

茶は、製法的な違いから、不発酵茶（緑茶；蒸したり炒ったりして酸化酵素を失活させてから揉む茶）、発酵茶（紅茶；熱をかけずに十分酸化させた茶、ウーロン茶や包種茶；少し酸化萎凋させてから熱をかけて酸化を止める半発酵茶、黒茶や阿波番茶；熱処理した茶葉を微生物で発酵させた後発酵茶）に分けられる。

不発酵茶蒸し製では、

- ・ 普通煎茶：一般的に飲まれている茶。新芽を蒸したあと揉んで乾燥したもの
- ・ 深蒸し煎茶：蒸し時間を長くしたもので、粉が多い

- ・かぶせ茶：玉露につぐ高級茶、作り方はほとんど同じ
 - ・玉露：新芽が出たらすぐによしず、寒冷紗で茶園を覆い、日光を遮断して渋みを抑え、旨味成分を高めた高級茶
 - ・碾茶（てんちゃ）：玉露と同様の栽培で、蒸した新葉をそのまま乾燥させたもの
 - ・玉緑茶：蒸し製と釜炒り製がある。精揉工程を省いて勾玉状に仕上げた茶。ぐり茶
 - ・抹茶：碾茶を石臼で挽いて粉にした茶。茶道で用いられる
 - ・番茶：硬くなった新芽や茎を原料として作った茶
 - ・焙じ茶：番茶や煎茶を炒って香ばしい香りを出させた茶
 - ・玄米茶：番茶などに高圧で炒った玄米を混ぜたもの
- 釜炒り製では、
- ・中国式玉緑茶：鉄製の釜で茶葉を押しつけて乾燥させた茶。丸い形状が特徴
- 半発酵茶では、
- ・包種茶（ほうしゅちゃ）：中国、台湾で作られ、軽く発酵させた釜炒り茶。花香を付けたものもある
- ウーロン茶：半発酵で緑茶と紅茶の中間に位置する香り高い茶。中国、台湾で作られる
- 発酵茶では、
- ・紅茶：茶葉を完全に発酵させて乾燥した茶。香りが高く濃い橙紅色。インド、スリランカ、中国が主産地

また、摘採製造する時期により、一番、二番、三番、四番、秋冬番という分け方をしたり、産地によって静岡茶（川根茶・本山茶）、宇治茶、福岡の八女茶、嬉野茶、かごしま茶、狭山茶、近江茶、三重茶、くまもと茶などという分け方をする。さらに、中国茶では、茶浸出液の色によって分類する（表1）。

表 1 中国茶の分類

色	名称	発酵の度合い	特色	代表的な茶	産地
淡 ↑ ↓ 濃	パイチャ 白茶	軽度発酵茶 発酵度 10～20%	うぶ毛のような白毛のある新芽でつくる釜炒りも揉捻もしないシンプルな茶、茶葉も白っぽく、茶水も非常に淡い、やさしい味と清新な香りを持つ。	白毫銀針（はくごうぎんしん） 白牡丹（はくぼたん） 寿眉（そうめい）	福建省北部
	キーチャ 黄茶	軽発酵茶	緑茶と青茶の中間とされるお茶、悶黄（もんおう）という軽度の後発酵をうながす製法でつくられる。100g数万円という高価なものもある。	君山銀針 崇安蓮芯	湖南省 福建省
	緑茶	不発酵茶	釜炒り製法でつくられる中国の緑茶は、歴史的にも最も古く生産量も多い。日本茶に比べ渋み、苦みが少なく、すっきりした味わいを持つ。	龍井茶（ロンジンチャ） 珠茶（ズウチャ）	浙江省杭州 浙江省
	フンチャ 青茶	半発酵茶 発酵度 30～60%	ウーロン茶に代表されるお茶で緑茶と紅茶の中間的なお茶、爽やかさと味わいを兼ね備えたお茶で、油料理との相性もよい。	鉄観音 武夷岩茶 水仙 白毫烏龍茶 凍頂烏龍茶 文山包種茶	福建省安溪 福建省 福建省、広東省 福建省 台湾 台湾
	紅茶	完全発酵茶	世界中の紅茶のルーツともいわれる中国紅茶は、インドやセイロン産に比べ苦みが少なくまろやかな味を持つ。	祁門（キーマン）紅茶 功夫（クンフー）紅茶 荔枝（レイシー）紅茶	安徽省 福建省 広東省
	黒茶	後発酵茶	茶葉は黒褐色ないし暗褐色、茶水は褐黄色ないし褐紅色。乾燥前に茶葉を堆積し、麹菌により自然に後発酵させる。特有の風味とコクがあるが、初めはカビ臭く感じることもある。	普洱茶（プアール茶） 六堡茶（ロップオ茶）	雲南省 広西省

③ 不発酵茶製造法

i) 煎茶

a. 手揉み

日本では独特の手揉み製造を発達させてきた。この製造法が現在の機械製茶法にも生かされている。

製造には、蒸し器と、‘ほいろ’を用いる。まず、蒸籠に茶葉を並べ、こしきの上で蒸熟する。ふたの間から蒸気がでてきたら、手早く攪拌して、出てくる蒸気の香気に青臭みがなくなったら、冷却台であおぎながら急冷する。3.5Kg～4.5Kg に

なったら‘ほいろ’に移す。‘ほいろ’では、まず露切り（葉ぶるい）を行い、水分を蒸発させる。重量で約 30%減のところまで行う。次に力を加えて水分をとばしながら、茶葉の組織を破壊して柔らかくする回転揉み（ころがし）を行う。さらに、玉解きして茶の固まりをほぐし、中上げ（茶を中火かごに移しもみ切りを行う）を行う。中もみにより茶によれ形をつけ、つやを出し、仕上げもみで形（針のような形状）を整え、香気を出す。最後に乾燥して製品とする。

b. 機械製造

原葉形質の揃った生葉を蒸し機で蒸熱する。蒸熱の時間によって、普通蒸し、深蒸し、特蒸しなどの違いが出る。蒸熱した後、すぐに冷却し、熱風をあてて葉打ち処理する。その後、粗揉機（そじゅうき）で平均に加熱空気をあて圧迫と摩擦を加えて、水分をとばしながら葉を柔らかくする。粗揉機は最大のもので 240kg 機という大型のものも出ている。粗揉機を出した茶葉は揉捻機（じゅうねんき）で、揉圧しながらよく混合しそれぞれの部位の水分を十分に均等にする。この工程で水分が 60%程度になる。次に中揉み機・中揉機に送られ、熱風にさらし平均的に水分を除きながら、小玉（ミノムシ）をほぐし、よれをつけていく工程に入る。中揉機だけで工程を組んでいる場合もある。この工程で、水分を 26%程度にする。最後に心の水を揉みだし、煎茶特有の葉がよくよれて伸びた形状を作り、ツヤを出させるために精揉機で乾燥する。この工程で 12%程度の水分含量になる。この茶を荒茶という。この荒茶をさらに篩分けし、部位・大きさで選別、ブレンドして火入れすると仕上げ茶となる。

ii) 玉露

よしず、わらなどで十分に被覆した茶園から摘み取った生葉を短時間蒸熱する。蒸し葉は色を良くするため急冷する。以降は、煎茶の製造法とほとんど同様である。アミノ酸が多く、カテキンが少ないため、甘くまろやかな味をもち、ふくよかな香りを放つ。

わらや寒冷紗など軽い覆いを茶園にかぶせ日光をさけて育てた新芽を使ったお茶にかぶせ茶がある。

iii) 碾茶（抹茶）

新芽が出た後、よしず、菰、わらや寒冷紗で三週間ほど覆いをした、覆い下茶葉を 20 秒ほど蒸熱する。散茶機で蒸葉を 5 m ほど 4～5 回吹き上げて冷まし、碾茶炉内（炉内温度は 100～170℃）で熱風乾燥する。十分乾燥させた後、茎・葉柄を除去して粉碎しやすい大きさに揃え、石臼で均一な微粉末（20μm 程度）に挽いたものが抹茶である。（なお、甜茶とは古くからある葉草茶の一つで、中国茶の中で

植物学上の茶とは異なる木の葉から作られた甘いお茶の総称であり、碾茶とは異なる。))

iv) 玉緑茶

蒸し製と釜炒り製がある。製造工程に精揉工程がなく、茶葉同士の摩擦により丸い勾玉状になった茶である。主に、九州北部で作られる。煎茶と玉緑茶の中間のもの（蒸熱-揉捻-再乾）をヨンコン茶といい、伊豆や三重などで作られる。

釜炒り茶は、中国式製法によるもので、蒸すかわりに、炒葉機で殺青（さっせい：高温で熱処理し、新芽（葉）の細胞に含まれる酸化酵素を熱で不活化する工程）して、冷却粉取り、揉捻、水乾、乾燥をへて製品とする。独特の香気と後味のさわやかさが特徴であり、主に、佐賀、長崎、宮崎、熊本などで作られる。

④ 半発酵茶製造法

紅茶ほど発酵は強くないが、茶葉中のポリフェノールオキシダーゼを働かせたのち、熱でその反応を止めて製造した茶である。

i) 包種茶

青心烏龍（ちんしんうーろん）、武夷（ぶい）、水仙、鉄観音、枝蘭（じらん）、青心大ばん、黄心烏龍（ふあんしんうーろん）、紅心烏龍、硬枝紅心（いんじほんしん）などを用い、摘採した生葉を日干萎凋（にっかんいちよう）（1 m³あたり 1 kg 程度の茶葉を布の上に広げて日光に当て、時々攪拌する）を 10～40 分程度行い、重量減 8～16%で室内萎凋に移す。雨天や気温が低い場合は、萎凋室で 40～50 度の熱風を間接的にあてて 20～50 分萎凋させる。室内萎凋は、さらに室内で萎凋するもので 1 時間に 1 回攪拌を入れ、青臭みがなくなり 20～30%重量が減少するまで行う。生産量が多い場合は、円型の回転式萎凋攪拌機などを使用する（揺青（ようせい））。萎凋葉は手炒り釜か炒葉機で釜炒りを行い、高温で酵素活性を止め（殺青（さっせい））、水分をとばす。つぎに揉捻を軽く行って、茶の形状を整え、成分溶出をよくする。台湾包種茶の凍頂烏龍茶は団揉（だんじゅう）という工程をこの次に入れる。団揉というのは、きめ細かく丈夫な布で茶葉をきつく包んで強く揉むことで、そのあと絡み合った茶葉を玉解きする工程を何度か繰り返す。乾燥して製品とする。中国では青茶（ちんちゃ）という分類に入り、さわやかな香味をもちすっきりした味で水色は橙黄色である。ジャスミン（茉莉花）、キンモクセイ（桂花）、クチナシ、バラ、蘭、菊、梅花などの香りをもつ花をいれた花茶もある。

ii) 烏龍茶

中程度の発酵で、包種茶よりやや強い。青心大ばん、白毛猴（はくもうこう）、

硬枝紅心、大葉烏龍、紅心大ばん、黄心烏龍などの品種を夏季に一心二葉摘みし、一時間以上日干萎凋して重量を 25%前後減らす。さらに室内萎凋、攪拌を行い、果物のような香気が出て、重量が 35%程度減少したら、炒葉機等で殺青する。揉捻を軽く行い、玉解きして熱風で乾燥する。ふくいくとした香りを持ち、さっぱりとした味で水色は橙紅色である。

⑤ 発酵茶製造

紅茶製造法には、オーソドックス法、C T C 製法、ローターベン製法、レグカット製法などがある。

ア) オーソドックス製法

摘採した生葉を萎凋室で萎凋（自然萎凋、人工萎凋、日干萎凋）する。この工程で茶葉をしおれさせて、香気を発揚するための化学変化を起こさせる。化学変化については、呼吸作用により多糖類の減少、クロロフィルの分解、アミノ酸・カフェイン・有機酸の増加、ポリフェノールオキシダーゼの活性化などが起こる。重量減 35%程度で揉捻工程に進む。茶葉の組織を破壊して、酵素と基質を直接ふれさせることで発酵が平均的に進むようにするため、揉捻を行う。揉捻は、おもりで加圧する状態とふたをあけて加圧しない状態を交互に行うが、茶期や葉の状態によってそれぞれの時間や回数が変わるが、概ね 40～50 分程度行う。その後、篩分けを行い、若芽を除いてさらに第 2 揉捻を行う。これらの茶葉は、発酵室で発酵させ、カテキンの酸化重合（テアフラビン類、テアルビジン、テアシネンシンなどに変化）、香気成分の生成等を十分に行う。最後に水分 5 %程度までに乾燥する。

イ) C T C 製法

C T C (Crushing、Tearing、Curling) 機の 2 つのローラーの間で萎凋葉をつぶして、直径 1mm ほどの粒にして発酵、乾燥したもの。

ウ) ローターベン製法

Rotorvane（大型の肉挽き機のような機械）で萎凋葉を切断し、発酵、乾燥したもの。

エ) レグカット製法

Legg-cutter で萎凋葉を細かく切断し、蓋なし揉捻機で短時間揉捻、発酵、乾燥したもの。

⑥ 後発酵茶製造法⁶⁾

- ・カビによって発酵させた茶（カビによる好氣的発酵でプアール茶などの中国黒茶や富山黒茶など）
- ・空気を遮断して嫌気性菌（バクテリア等）によって発酵させた嫌氣的発酵茶（徳島

阿波番茶、ミャンマーのラペ・ソー、タイのミヤン、中国の竹筒酸茶)

・好氣的発酵の後に嫌氣的発酵させる後発酵茶（高知の碁石茶、中国の竹筒酸茶）に分類される。その代表的なものについて、製造法を概説する。

i) 中国黒茶

雲南省のプアール黒茶を代表とするもので、殺青した茶葉を堆積して放置しておくとかびが生えてくる（渥堆発酵（あくたいはっこう））。それを数年単位放置した後、蒸気を加えて圧搾固形化したりそのまま乾燥したものである。独特のかび臭をもった茶になる。

ii) 竹筒酸茶

中国雲南省西双版纳（シーサンパンナ）の哈尼（ハニ）族、倭族、布朗（プラン）族などの少数民族が作っていたとされ、新茶葉を煮て、竹筒に入れ土に埋め一ヶ月ほど発酵させたもので、お祝いなどのときに掘り出して食べる。漬物のような酸味のある茶であり、現在では布朗族がこの西双版纳でほんの少しの竹筒酸茶を作っているだけという。

iii) 富山黒茶：バタバタ茶

真夏に刈り取られた成葉はゆでるか、蒸すかしたのち、カビ付け槽に入れる。覆いをして保温し、20 日程度カビ付けして天日で乾燥して製品とする。

富山県朝日町には、この黒茶を五郎八茶碗と夫婦茶筌を用いて振り茶（バタバタ茶）としてお講の際に飲む風習が残っている。

iv) 阿波番茶

真夏、ヤマチャの葉をしごき採り、釜でゆでる。殺青した葉は揉捻し、桶につけ込む。桶の上まで押し込んで、わらや布で覆いをし、木のふたを載せ重石をする。蓋の上へ残しておいた茶のゆで汁をたっぷりかけて、嫌氣的発酵をさせる。2 週間程度発酵させ、桶から取り出して天日で乾燥する。味は酸味がある。香川県、徳島県、淡路島で飲まれている。

v) 碁石茶

真夏、ヤマチャを刈り取り、蒸熱する。蒸し葉を小屋に入れ、40cm ほど積み重ねて覆いをしておくとカビが生えてくる。10 日間カビ付けし、桶につけ込んで重石をして嫌気発酵を行う。2 週間後、ブロック状に切り出し、茶切り包丁で 5 cm 角に切り筵の上で天日乾燥する。碁石のような黒々した固まりになる。瀬戸内海島嶼

部の茶粥の茶として細々と用いられている。

vi) ミヤン

摘採した茶葉を薄く削いだ竹で束にし、蒸し器で蒸し、束を作り直して桶に漬け込み、嫌氣的発酵を行う。桶出しして製品とし、噛む漬け物茶として用いる。

vii) ラペ・ソー

摘採した茶葉をゆで、竹籠でさます。固く絞って水切りし、竹の筵の上で揉む。さらに水でさらして苦味を抜きまた絞って竹筒に詰める。バナナの葉でふたをして水をかけて密封し土の中で8ヶ月くらい発酵させた製品は様々な具とともに、食する。

(5) 各種の健康茶・代用茶の紹介と美味しい淹れ方、利用法

① 健康茶^{6 7)}

アシタバ茶、アマチャヅル茶、イチヨウ茶、ウコン茶、ウロジロガシ茶、オオバコ茶、オトギリ草茶、カキオドシ茶、柿の葉茶、ガルシニア茶、キダチアロエ茶、菊花茶、ギムネマ茶、ギャバロン茶、グアバ茶、クコ茶、クマザサ茶、黒豆茶、桑葉茶、高麗人参茶、昆布茶、ザクロ茶、シイタケ茶、シソ茶、スギナ茶、ソバ茶、タラ葉茶、タンポポ茶、甜茶、ドクダミ茶、杜仲茶、なつめ茶、人参茶、ハスの葉茶、ハトムギ茶、バナバ茶、ハブ茶、ビワの葉茶、紅花茶、松葉茶、マテ茶、麦茶、メグスリの木茶、モロコシ茶、ユーカリ茶、ユズ茶、ヨモギ茶、羅漢果茶、ルイボスティー、靈芝茶 等 植物体を葉や茎、花等を乾燥させたものを広義の茶としている。それぞれに伝承の効能があるが、科学的エビデンスの程度についてはそれぞれの茶ごとに異なる。

なお、この中から、桑葉茶については、別途記述（34 ページ）されているので参照されたい。

② 美味しいお茶の淹れ方、機能性成分を多く抽出する淹れ方

茶葉中の各成分の抽出率は温度によって異なる。カフェインとカテキンは高温で出やすいので、新茶や上質の煎茶を飲むときは、沸騰させたお湯を 70～80 度くらいに冷まして、じっくりお茶の葉が開くのを待って飲むようにする。アミノ酸（旨味）とカテキン（渋味）のバランスの良い滋味のあるお茶になる。番茶や焙じ茶は熱湯でさっと淹れた方がさっぱりとした風味が楽しめる。玉露など高級な茶が手に入ったら、50 度くらいまで冷ましたお湯少量でゆっくりと抽出するとアミノ酸の旨味を楽しむことができる。夏であれば、茶葉をパックに入れて、冷蔵庫の中で一晩水出しすると旨味のよく抽出された茶を楽しむことができる。カテキンを多く摂取したいときには、

夏茶を熱湯で時間をかけて抽出すると良い。

③ 茶を利用した新製品と今後の展開

茶の機能性を利用した新製品が数多く市場に出回っている。カテキンの抗菌性や消臭性を利用したシーツ、綿、爪楊枝、車の芳香剤、消臭スプレー、トイレトペーパー、入浴剤、茶染め衣類、殺菌スプレー、殺菌石鹸、殺虫剤（なめくじ退治）、空気清浄機・エアコン（カテキンフィルタ）、シックハウス用タンス棚のカテキンコート下敷き、塗料や抗う蝕性を利用した子供用の菓子・はみがき、生活習慣病予防などを狙ったカテキン卵・酒割り煎茶、食物繊維を利用した茶殻のつくだ煮等様々な商品が販売されている。また、魚の色保持のため、赤い魚などが処理されている場合もある。もちろん、そば、アイスクリーム、てんぷらなど様々な食品も見かける機会が多い。

近年、緑茶、混合茶のPET飲料、缶ドリンクの売れゆきも良く、他の清涼飲料に比べ、消費の増加率が特に高いことで、茶系飲料はますます増えていくと思われる。現在の緑茶の生産量が約9万t、茶の輸入量は約1.5万t、反対にヨーロッパへの輸出も増えていて700t程度が海外に輸出されている。しかし、他の作物と同様、生産農家はどんどん減っているのが現状である。

茶はカテキン類だけでなく、フラボノイドを含め、様々なポリフェノールを数十種類含有しており、また、品種、製法（発酵茶、半発酵茶、不発酵茶）によってもその含量、組成に違いがある。今後、より抗アレルギー活性の強い物質として、カテキン類だけでなく、様々なポリフェノール類を検索し、その作用機作、食品等への応用などの研究に取り組んでいく必要がある。健康を考えるためには、まず適正な食生活であり、その中でも茶という嗜好飲料は非常に重要な役割を果たすものと考えている。また、アレルギーについて考えてみても、副作用無く日々の飲料摂取でアレルギーが軽減されるとしたら、アレルギーで悩まされる現代社会に非常に大きな福音をもたらすと期待される。

(6) 引用文献

- 1) 村松敬一郎、小國伊太郎、伊勢村護、杉山公男、山本（前田）万里編、”茶の機能”、学会出版センター（2002）
- 2) 松崎妙子、原征彦、農化、59、129 (1985).
- 3) M. Namiki, T. Osawa, Basic Life Science, (eds) D.M. Shamkel (Plenum Press, New York) 39, 131 (1983).
- 4) T. Okuda, Y. Kimura, T. Yoshida, T. Hattori, H. Okuda, S. Arichi, *Chem. Pharm. Bull.*, 32, 1625 (1986).
- 5) M. Shiraki, Y. Hara, T. Osawa, H. Kumon, T. Nakayama, S. Kawakishi, *Mutation Res.*, 323, 29 (1994).
- 6) G.C. Yen, H.Y. Chen, *J. Agric. Food Chem.*, 43, 27 (1995).
- 7) 内田真嗣, 丹羽正美, 尾崎正若, 枝松礼, 平松緑, 森昭胤, 野中源一郎, 西岡五夫, *Neuroscience*, 14, 244 (1988).
- 8) T. Kada, K. Kaneko, S. Matsuzaki, T. Matsuzaki, Y. Hara, *Mutation Res.*, 150, 127 (1985).
- 9) A.K. Jain, N. Sethi, *Cytologia*, 56, 539 (1991).
- 10) A.H. Conney, Z.Y. Wang, M.T. Huang, Y.R. Lou, C.S. Yang, Proceedings of the American association for cancer research annual meeting, 36, 704 (1994).
- 11) H. Mukhtar, S.K. Katiyar, R. Agarwal, Advances in experimental medicine and biology, (ed.) M.M. Acobs (Plenum Press, New York), 354 (1994).
- 12) N. Hagiwara, Y.J. Ahn, M. Ishida, M. Takeishi, S. Sakanaka, M. Kim, T. Yamamoto, *Shoyakugaku Zasshi*, 45, 199 (1991).
- 13) A. Komori, J. Yatsunami, S. Okabe, Y. Hara, M. Suganuma, S.J. Kim, H. Fujiki, *Jpn. J. Clin. Oncol.*, 23, 186 (1993).
- 14) T. Okuda, K. Mori, H. Hayatsu, *Chem. Pharm. Bull.*, 32, 3755 (1984).
- 15) S. Taniguchi, H. Fujiki, H. Kobayashi, H. Go, K. Miyado, H. Sadano, R. Shimokawa, *Cancer Lett.*, 65, 51 (1992).
- 16) M. Maeda-Yamamoto, H. Kawahara, N. Tahara, K. Tsuji, Y. Hara, M. Isemura, *J. Agric. Food Chem.*, 47, 2350 (1999).
- 17) 小國伊太郎, 代謝, 29, 453 (1992).
- 18) K. Imai, K. Nakachi, *British Medical Journal*, 310, 693 (1995).
- 19) K.S. Diker, G. Hascelik, *Letters in Applied Microbiology*, 19, 299 (1994).
- 20) A.M. Hackett, L.A. Griffiths, *Xenobiotica*, 15, 907 (1985).
- 21) K. Okushio, N. Matsumoto, M. Suzuki, F. Nanjo, Y. Hara, *Biol. Pharm. Bull.*, 18, 190 (1995).
- 22) K. Muramatsu, M. Fukuyo, Y. Hara, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 32, 613 (1986).
- 23) K. Iwata, T. Imayama, S. Miwa, *Jpn. J. Nutr.*, 46, 289 (1988).

- 24) 福与真弓, 原征彦, 村松敬一郎, 栄食誌, 39, 495 (1986).
- 25) 並木和子, 中山みどり, 立山千草, 五十嵐紀子, 並木満夫, 農化, 65, 189 (1991).
- 26) 原征彦, 松崎妙子, 鈴木建夫, 農化, 61, 803 (1987).
- 27) 原征彦, 外岡史子, 栄食誌, 43, 345 (1990).
- 28) 津志田藤二郎, 村井敏信, 大森正司, 岡本順子, 農化, 61, 847 (1987).
- 29) Y. Abe, S. Umehara, K.I. Sugimoto, N. Hirawa, Y.Kato, N. Yokoyama, T. Yokoyama, J. Iwai, M. Ishii, *Amer. J. Hypertension*, 8, 74 (1995).
- 30) 浅井肇, 久保保夫, 小川晴子, 原征彦, 中村耕三, 基礎と臨床, 21, 163 (1987).
- 31) 清水岑夫, 和田修治, 林利光, 有澤宗久, 池ヶ谷賢次郎, 大角誠治, 矢野三郎, 森田直賢, 薬学雑誌, 108, 964 (1988).
- 32) S. Sakanaka, M. Kim, M. Taniguchi, T. Yamamoto, *Agric. Biol. Chem.*, 53, 2307 (1989).
- 33) M. Hottori, I.T. Kusumoto, T. Inaba, T. Ishigami, Y. Hara, *Chem. Pharm. Bull.*, 38, 717 (1990).
- 34) 原征彦, 石上正, 日食工誌, 36, 996 (1989).
- 35) 生貝初, 中江太治, 原征彦, 島村忠勝, 日細菌誌, 47, 96 (1992).
- 36) H. Nakane, K. Ono, *Biochemistry*, 29, 2841 (1990).
- 37) 前田有美恵, 山本政利, 増井俊夫, 杉山清, 横田正実, 中込和哉, 田中秀興, 高橋宇正, 小林利彰, 食衛誌, 30, 295 (1989).
- 38) 上田浩史, 鈴木裕子, 堤坂裕子, 山崎正利, 農化誌, 71 臨増, 176(1997).
- 39) 大須博文, 竹尾忠一, 杉山清, 横田正美, *Fragrance J.*, 11, p.50 (1990).
- 40) N. Matsuo, K. Yamada, K. Shoji, M. Mori, *Allergy*, 52, 58 (1997).
- 41) M. Maeda-Yamamoto, H. Kawahara, N. Matsuda, K. Nesumi, Y. Kawakami, T. Kawakami, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 62, 2277 (1998).
- 42) M. Sano, M. Suzuki, T. Miyase, K. Yoshino, M. Maeda-Yamamoto, *J. Agric. Food. Chem.*, 47, 1906 (1999).
- 43) H. Tachibana, T. Kubo, T. Miyase, S. Tanino, M. Yoshimoto, M. Sano, M. Maeda-Yamamoto, K. Yamada, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 280, 53 (2001).
- 44) M. Suzuki, K. Yoshino, M. Maeda-Yamamoto, T. Miyase, M. Sano, *J. Agric. Food. Chem.*, 48, 5649 (2000).
- 44) 山本(前田)万里, 佐野満昭, 松田奈帆美, 宮瀬敏男, 川本恵子, 鈴木直子, 吉村昌恭, 立花宏文, 袴田勝弘, 日食科工誌, 48, 64 (2001).
- 45) 佐野満昭ほか, *Fragrance J.*, 28, 46 (2000)
- 46) M. Maeda-Yamamoto et al., *Cytotechnology* 55, 135 (2007)
- 47) M. Maeda-Yamamoto et al., *J. Immunology*, 172, 4486 (2004)
- 48) Y. Fujimura Y et al., *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5729 (2002)
- 49) Y. Fujimura Y et al., *Biochem Biophys Res Commun.* 364(1), 79 (2007)

- 50) H. Tachibana et al., Proceedings on 2001 International conference on O-cha (tea) culture and science, 234 (2002)
- 51) H. Tachibana et al., *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 280,53 (2001)
- 52) D. Honma et al., *J. Sci. Food and Agr.*, 90(1),168(2010)
- 53) 山本(前田)万里ほか, 日本食品科学工学会誌, 48, 64 (2001)
- 54) M. Maeda-Yamamoto et al., *Food Science and Technology Research*, 10(2), 186 (2004)
- 55) 安江正明ほか, 日本臨床栄養学会誌, 27,33(2005)
- 56) 安江正明ほか, 日本食品新素材研究会誌, 8(2),6(2005)
- 57) 山本 (前田) 万里ほか, 日本食品科学工学会誌,52,584 (2005)
- 58) 山本 (前田) 万里ほか, 健康・栄養食品研究,7,55 (2004)
- 59) 岸川禮子ほか, 日本補完代替医療学会誌,4(3),127(2007)
- 60) M. Maeda-Yamamoto et al., *Allergology International*, 58(3), 437(2009)
- 61) 藤澤隆夫ほか, アレルギー, 54, 1022 (2005)
- 62) 木谷敏之ほか, *Fragrance J.*, 5月号 64(2010)
- 63) K. Sugiyama, Y. Noda, P. He, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 65, 674 (2001).
- 64) 山本 (前田) 万里ほか, 日本食品工学会誌, 8(3),109(2007)
- 65) (社) 静岡県茶業会議所編, “新茶業全書”, (社) 静岡県茶業会議所 (1987)
- 66) 宮川金二郎編, “日本の後発酵茶”, さんえい出版 (1994)
- 67) 大森正司編, 日本茶・紅茶・中国茶・健康茶、日本文芸社(2002)

2-2. 代用茶・後発酵茶としての利用

(1) 桑

岡山県工業技術センター 技術支援部 産本 弘之

① はじめに

桑は、クワ科 (Moraceae) クワ属の落葉樹の総称であり、広く山野に自生もしくは栽培されている。原産地は中国北部といわれ、桑葉はシルク (絹) の原料となる繭をつくる蚕 (カイコ) の唯一の飼料として利用され、養蚕のため世界各地で栽培されている。



写真1 桑の栽培風景



写真2 桑葉

桑は、木全部がクスリでもあり、枝は桑枝 (そうし)、葉は桑葉 (そうよう)、根の皮は桑白皮 (そうはくひ)、実は桑椹子 (そうじんし) と呼ばれる漢方薬の原料となっている。

紀元 1~2 世紀の著作とされる中国の本草学の最初の本として知られる「神農本草経」の中には、桑の根の皮や葉がとりあげられ、それぞれの薬効について具体的に紹介されている。たとえば桑葉を日陰干ししたものを「神仙茶」と名づけ、風邪の咳や百日咳に効き、高血圧の予防や滋養強壮剤としても効果があることが記されている。

日本でも、栄西が今から約 800 年前に著した最初の薬書「喫茶養生記」(栄西禅師 1141~1215 著) に、桑の葉を服する方法として、桑粥桑湯を服用すれば、水をいくら飲んでも渴きをおぼえる飲水病 (糖尿病) に数日で効果が現れると述べられている。また、桑白皮は、日本薬局方に生薬の一つとして収載されており、消炎性利尿剤、緩下薬、鎮咳去たん薬として漢方に配合して用いられている。民間療法としても数多くの言い伝えがあり、たとえば、桑茶を飲めば高血圧に効き、貧血症、低血圧症などにも効果があるとされている。

② 産地と品種

桑が本格的に栽培されるようになったのは、江戸時代といわれており、明治から昭和初期にかけ、蚕糸業の発展とともに桑の栽培面積も増加したが、昭和 40 年以降、化学繊維や海外の安価な輸入生糸などの影響を受け、50 年代から蚕糸業は衰退し、桑畑は遊休地、荒れ地となってきている。岡山県は、蚕糸業および桑畑面積はあまり多くなく、

全国平均的な地域であった。桑の栽培面積が広がったのは、地域的には県北部、特に美作地域であった。桑の品種数は100以上もあり、日本ではヤマグワ、カラヤマグワ、ログワの3種の系統が栽培されており、その主流はカラヤマグワ系である。

- i) マグワ系：北陸から東北地方に多く、赤木、島の内、遠州高助、剣持など
- ii) カラヤマグワ系（ハクソウ：白桑）系：中国、朝鮮原産のマグワ（シログワ、トウグワ）に由来し、カラグワ（唐桑）ともいわれ、改良鼠返、一ノ瀬など
- iii) ログワ（ロソウ；魯桑）系：中国原産のログワ（マルバグワ）に由来し、西日本に多く、魯桑など

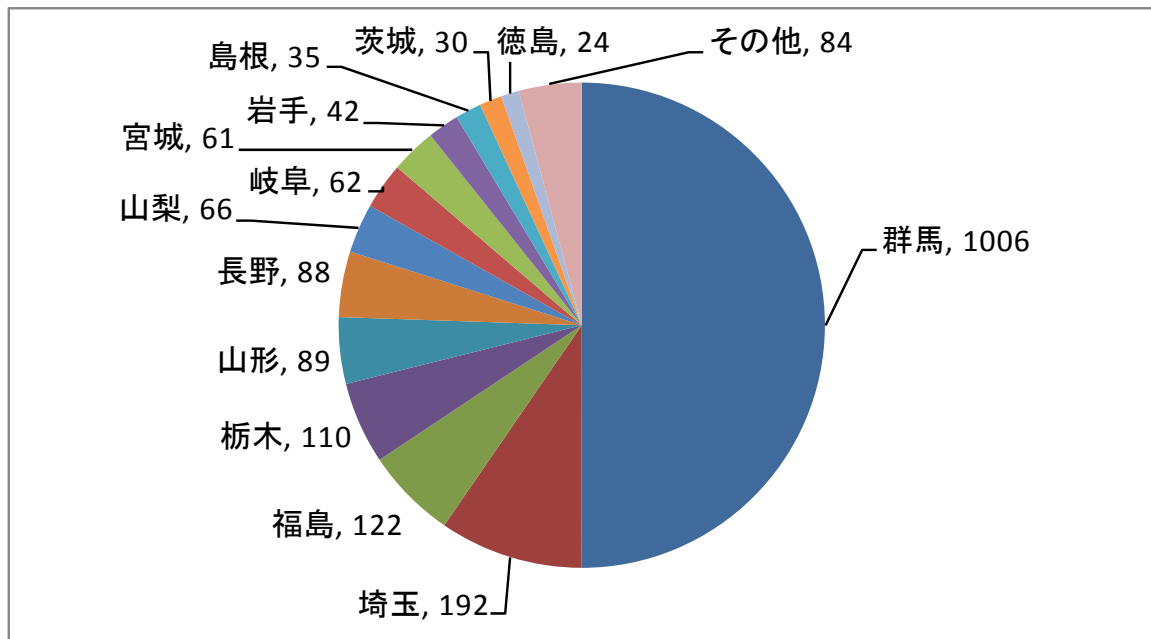


図1 桑園面積（単位 ha 平成20年 農林水産省統計調査）

また、岡山県の茶の栽培は、美作地区を中心に江戸中期から始まり、現在の栽培面積は、約150haで全国的には非常に小さな産地であるが、わが国の「茶の祖」と呼ばれる臨済宗の開祖・栄西を輩出するなど、お茶との関わりは大変深く、今日でも岡山市の後楽園では「栄西禅師賛仰茶会」や「茶つみ祭」が毎年盛大に開催されている。

岡山県では「不発酵茶」である「番茶」として利用されているが、産地である美作地区では、富山黒茶（富山県）、碁石茶（高知県）、阿波番茶（徳島県）などと同じく微生物による「後発酵茶」が細々と製造されていた。このお茶は生茶葉を蒸した後、2回発酵させる。一次発酵では好気性発酵を、二次発酵では嫌気性発酵を行うことにより、渋みが消え、酸味が生まれるほか様々な有益な反応物質が生み出され、独特な風味を持つお茶になる。



カビ付け



乳酸発酵

写真3 「後発酵茶」製造風景

③ 成分と機能性

桑葉は、カルシウム、カリウム、鉄などのミネラルに富み、特にカルシウムは乾燥物100g中に2,699mgも含まれている。その他にもビタミンC、ビタミンB1、ビタミンB2、ビタミンA、ビタミンK、食物繊維、各種フラボノイド、カロチン、血圧抑制に関与するγ-アミノ酪酸（GABA）などが含まれており、高い栄養価を有することが報告されている。桑葉に含まれるフラボノイド類や食物繊維はコレステロール値や中性脂肪値を下げ、LDLコレステロールが活性酸素により酸化されるのを防ぎ、動脈硬化を予防し、食物繊維には腸からのコレステロール吸収を抑える働きがあるといわれている。

表1 桑葉の成分（乾燥桑葉100g中）

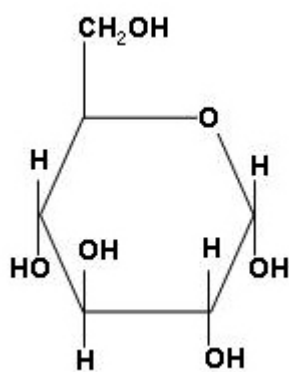
カルシウム (Ca) 2 6 9 9 m g	ビタミンA 6 7 0 1 U	食物繊維 (不溶性) 4 5 . 0 g
リン (P) 2 3 8 m g	カロチン 7 4 4 0 μ g	(可溶性) 7 . 9 g
鉄 (Fe) 4 4 . 1 m g	ビタミンB1 0 . 6 m g	
ナトリウム (Na) 3 9 . 9 m g	ビタミンB2 1 . 4 m g	
カリウム (K) 3 1 0 1 m g	ナイアシン 4 . 0 m g	
	ビタミンC 3 1 . 6 m g	

※神奈川県科学技術政策推進委員会「機能性食品における共同研究事業報告」より

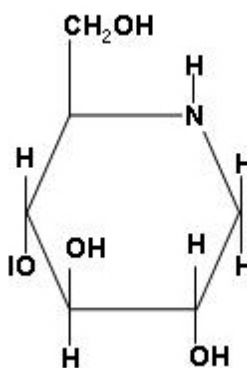
また、近年、桑葉には1-デオキシノジリマイシン（1-deoxynojirimycin 以下DNJと記す。）が特異的に含有されていることが明らかとなった。DNJは、グルコースによく似た構造を有しているため、糖分解酵素α-グルコシダーゼと結合し、強いα-グルコシダーゼ阻害活性を示す。DNJを摂取する事により消化管(小腸)で糖分解酵素（α-

グルコシダーゼ) が阻害され、小腸における糖の吸収を遅延させ、その結果、食後の血糖値上昇及びインスリン過分泌を抑制する。独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センターを中心とする研究コンソーシアムは DNJ が食後の血糖値上昇を抑制することをヒト試験で明らかにし、糖尿病予防効果を有する素材としての展開が期待されている。

桑葉は、DNJ を自然界で唯一 0.03~0.2%前後（乾物当たり）と多量に含んでいる。



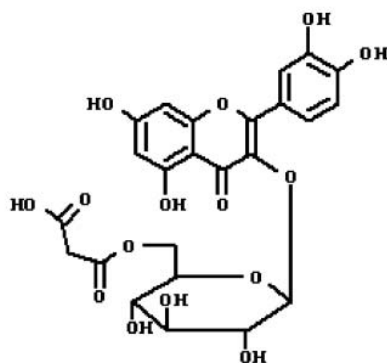
グルコース



1-デオキシノジリマイシン

図2 構造式

その他にも、抗酸化性分としてケルセチン 3- (6-マロニルグルコシド) というフラボノール配糖体が確認されている。この成分は、島根大学と島根県産業技術センターが行った動物実験により高脂肪食摂取による動脈硬化の進行を抑制する効果が確認されている。



ケルセチン 3- (6-マロニルグルコシド)

図3 構造式

「後発酵茶」の成分は緑茶とは大きく異なっており、発酵によって生じる色や香りのほか、嫌気発酵に伴う酸味も加わり、独特の風味を醸し出している。

発酵に関わる微生物は、糸状菌 (*Aspergillus* 属) と乳酸菌 (*Lactobacillus* 属) が主役となっており、カビ付けや乳酸発酵といった微生物による発酵を行うことから、緑茶や紅茶とは味や香り、成分が大きく異なっている。たとえば、乳酸やシュウ酸といった有機酸が生成し、また、微生物発酵によって茶葉に含まれるカテキン類は分解され、そ

の含有量が低くなっている。そのうえ、茶由来、あるいは発酵生成物と考えられるアミノ酸類や γ -アミノ酪酸の生成が認められている。このように、「後発酵茶」の成分は依然として不明な点も多いが、高脂血症や動脈硬化の抑制効果などが注目されている。茶葉自体の抗酸化活性と糸状菌や乳酸菌を用いて茶葉を発酵することによる抗酸化活性の向上、また、 α -グルコシダーゼおよびリパーゼ阻害活性を有する機能成分の生成により、血糖値および脂肪吸収抑制効果も見いだされている。

成分の多くは未だ明らかにされておらず、より詳しい研究が進展し、「後発酵茶」および「後発酵茶」中の生成物が、健康食品素材として今後大いに期待される。

④ 加工・利用の現状

昔から、葉を茶葉の代用品とする「桑茶」として飲まれている地域もあり、また、加工品として粉末乾燥、青汁製品などに製品化されている。桑葉をそのまま乾燥、あるいは顆粒状に仕上げた桑茶や粉碎後、圧縮成型した錠剤としたサプリメント、桑葉に、他の食品成分を配合して機能性を強化した応用例として、粉末を麺、スナック、クッキー、カステラ、ケーキ、アイスクリーム、味噌、団子、ハム・ソーセージ等に配合した例がある。

機能性加工品を製造するには、原料桑葉の検討が重要である。

DNJ 含量の高い品種は、九紋竜、中澤早世、あつばみどり、八丈桑、銀竜等が、高窒素、高アミノ酸含量を示す品種は、しんけんもち、古志織姫などであり、品種間により大きな差が認められている。また、桑葉の採取時期では、9月より6月の新葉に、部位では、新芽および枝先端部の葉（先端より30cm以内）にDNJが多く含まれている。品種、栽培手法、およびDNJ量を高める乾燥方法などの加工法やエグ味の改善等の検討が重要である。

DNJに代表される桑葉に含まれる機能性成分の確認以降、現在、岩手県、宮城県、中国地方では島根県など全国各地で研究支援の拠点となる大学を中心に生産者となる農林業者、製品開発を手がける中小企業者が連携、クラスターを形成し、桑茶や桑茶パウダーの製造、桑茶をブレンドした食品の試作等、桑葉の食品への応用が積極的に行われている。

桑葉の機能性に関して、今後の研究とその応用はますます盛んになっていくと思われる。

2-3. 各種機能性成分を有したその他の国産農水産物

(1) シーベリー

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

食品加工研究センター 田村 吉史

① はじめに

北海道は冷涼な気候であることから小果実類（ベリー類）の生産には適した地域であり、ハスカップ、アロニア、グズベリー、シーベリー等の多くのベリー類が生産されている。北海道産としてもっとも有名な小果実は勇払地方が原産地のハスカップで、現在は苫小牧地域及び美唄市を中心に栽培されている（写真1）。新千歳空港などでも商品が販売されていることから知名度は高い。次いで多いのが原産地は北アメリカのアロニアでロシアを経由して北海道に導入された（写真2）。平成13年から伊達市を中心に栽培が行われ、道内に広がっている。アロニアはアントシアニンが多く健康に良い果実として菓子類だけでなく健康食品にも利用されている。シーベリーはフィンランドやロシアなどから北海道内に導入されたもので、近年北海道内で栽培が始まった（写真3）。

北海道では平成22年度に、道内の気候に合っている小果実の振興を目的として、ハスカップ、アロニア、シーベリーの3小果実によるキャンペーン事業を行っている。本事業は各果実の研究会、公設試、民間企業、自治体などから成るコンソーシアム「ベリーランド北海道」が委託を受けて実施しているもので、各果実をイメージしたキャラクターを設定した「リトルベリーズ」(<http://www.haspro.jp> 参照)を作成し、果実の知名度の向上を図ると同時に既存商品の販売促進とコンソーシアムとしての商品開発を行っている。

② 産地と品種

シーベリー（写真3）は和名をスナジグミというグミ科の低灌木で、学名を *Hippophae rhamnoides* L.（ヒッポハエ ラムノイデス）といい、英名は Sea buckthorn（シー バックソーン）、ロシア名は Obilepikha（オビルピーハ）、中国名では沙棘（サジー）と呼ばれている。

シーベリーは、現在 *H.rhamnoides* 種を含め6種類が有り、*H. rhamnoides* 種は8亜種に分類されている。樹高が2～4mとなる棘の有る雌雄異株の風媒花植物で、グミ科の植物であることから根に共生窒素固定菌の放線菌 *Frankia*（フランキア）が着生し根粒を形成する。窒素固定菌のフランキアが共生することから痩せ地に生育可能であり、土壌改良や土壌流亡防止などを目的に植栽されることもある。

耐寒性が強く寒冷気候に適応しているが、枝が折れやすいことから積雪には弱いため、降雪の多い地域では枝折れを防止する対策が必要である。

5月上旬に開花し、風により受粉して黄橙色の小果実が8月中旬以降に着生する。北海道における収穫時期は9月が中心となっている。

シーベリーは、ユーラシア大陸中央部のモンゴルや中国、ロシア、北欧やヨーロッパなど温帯から亜寒帯に広く分付する。主に海岸や川岸などの砂地、あるいは高山地帯の砂の多い場所に自生しているが、日本に自生種は無い。

国内におけるシーベリーは自生種がないことから栽培等に関する報告は少なく、旧北海道立林業試験場の佐藤孝夫博士が 1989 年（平成元年）にロシア極東から種子を導入し栽培した報告を光珠内季報（1997）に掲載したのが最初で、その後旧農林水産省北海道農業試験場の石井現相先生が、2001 年（平成 13 年）フィンランドの国立農業研究センター（MTT）から幼木を輸入し、翌年には栽培適応検定試験を開始した。近年、北海道内で栽培が始まり、現在太平洋側の胆振管内むかわ町、十勝管内士幌町そして後志管内仁木町で商業的に栽培が行われている。

北海道内で栽培されているシーベリーは、カナダ系のインデアンサマー、シベリアンスプレnderなど、フィンランド系のライサ、レイコラなど、ドイツ系のアスコラなど、ロシア系のボタニットセスカヤ、トフィモスカヤなど、中国系統の実優 1 号など多くの品種があり、現状は生産者が多くの品種を栽培し、果実の生産量などによる選抜を行っている状態である。

③ 成分と機能性

当センターで分析した士幌町産シーベリーの果汁部分の一般成分を表に示した。供試果実は、平成 20 年に北海道士幌町で収穫された 4 種類（ボタニセットスカヤ（ロシア系）、トロフィモスカヤ（ロシア系）、ポダロックサドウ（ロシア系）、実優 1 号（中国系））を用いた。

果汁の一般成分はおよそ水分 90%、たんぱく質 0.5%、脂質 2%、炭水化物 7.5%そして灰分 0.5%となっている。参考として示したハスカップ、ブルーベリー、ラズベリー果実の成分と比較すると、大きく異なるのは脂質量である。シーベリーに含まれる脂質分は種子だけでなく果皮及び果肉にも含まれており、果汁を静置で放置すると表面に油の層を形成することもある。果実に含まれる脂質量は品種や栽培状況などによって異なることが知られており、多くの場合 1～6%であると言われているが、ロシアの栽培種では 9%を超えたという報告もある。脂質は部位によって異なり果肉にはパルミトレイン酸とパルミチン酸が多く含まれ、種子にはリノール酸とリノレン酸が多く含まれる。シーベリーの特徴は脂質ばかりでなくビタミン C、A、E を高含有していることもあげられる。北海道余市産の果汁ではビタミン C は約 140mg/100g、ビタミン A（レチノール当量）は約 140μg/100g、ビタミン E（α-トコフェロール）は約 10mg/100g というデータがあり、ビタミン C は参考とした小果実の中で最も多いハスカップの約 3 倍、ビタミン A はブルーベリーの約 6 倍そしてビタミン E はハスカップの 13 倍である。

シーベリーは水溶性ビタミンと共に油溶性ビタミンを併せ持つ果実で、共に抗酸化性の強いビタミンで、ORAC 値は約 74μmolTE/g という値が示されており、これはブルーベリーよりも大きい。シーベリーの機能性に関する研究は北欧、ロシアなどの海外文献に見られ、抗酸化、抗腫瘍、免疫賦活、抗炎症、アンチエイジングなど上げられているが、日本での研究事例は少ない。

④ 加工・利用の現状

日本国内で商用作物として栽培されているのは、ほぼ北海道だけで、北海道内ではジュース、ジャム、ペースト状のソースなどに加工されている。士幌産シーベリーは地域

の食品加工グループによるシーベリーソース入りヨーグルト、食酢などへの加工と道内大手の製菓企業がフルーツソースとして自社製品に利用している。むかわ産は、栽培企業がフルーツソースやブレッドスプレッドを製造販売しているほかに加工用原料として冷凍果実を販売している。仁木産も栽培企業がジュース、ゼリーなどを製造販売している。道内産シーベリーの栽培は始まったばかりで栽培企業も少なく収穫量も少ない。このため商品数は少ない現状に有るが、今後収穫量の増加と共に商品数も増えていくと考えられる。この他に道外企業から海外産のシーベリージュースが輸入販売されている。また、海外ではシーベリーオイルそのものやシーベリーオイルを配合した化粧品や石けんなども製造販売されていることから、オイルの利用も今後の検討課題である。

北海道産シーベリー果実は裏ごし器を通して果肉も含めて回収している。このため果肉を含めた状態で回収したジュースは、静置すると果肉部分と果汁に分離する。市販のシーベリージュースも同様に分離している。果肉を含まない果汁では茶色っぽい液体状となり、シーベリー特有色が出ないため、あまり利用されていない。

食品加工研究センターでは、シーベリーの分離を抑制する方法として酵素の添加、乳化剤の添加及び増粘多糖類の添加を検討したところ、グアーガムあるいはタマリンドガムの添加により分離が抑制出来ることが分かった。この増粘多糖類の添加による分離防止方法はむかわ町で製造されているフルーツソース及びブレッドスプレッドに利用されている。

今後、北海道内で栽培が広がり収穫量の増大と共に、国内におけるシーベリーの研究が進み多くの機能性が見出されることで、製品アイテムの増加と需要の増加に繋がることを期待している。

表 1 北海道産シーベリー果汁の一般栄養成分

(単位 : g/100g)

	水分	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分
ボタニットセスカヤ（ロシア系）	89.5	0.4	1.6	7.9	0.6
トロフィモスカヤ（ロシア系）	89.4	0.5	2.5	7.2	0.4
ボダロックサドウ（ロシア系）	90.6	0.4	1.5	7.0	0.5
実優 1 号（中国系）	91.5	0.6	0.4	7.2	0.3
ハスカップ（果実全体）※ ¹	85.5	0.7	0.6	12.8	0.4
ブルーベリー（果実全体）※ ¹	86.4	0.5	0.1	12.9	0.1
ラズベリー（果実全体）※ ¹	88.2	1.1	0.1	10.2	0.4

※ 1 五訂食品成分表より



写真1 ハスカップ



写真2 アロニア



写真3 シーベリー

⑤ 参考文献

- ・トーマス S.C.リ, トーマス H.J.ビヴァリッジ, 訳 佐藤 興重郎, シーバックソーン シーベリー (スナジグミ) *Hippophae rhamnoides* L. 生産と利用, 北方ベリー研究所
- ・石井 現相, 新しい小果樹ヒッポファエ栽培マニュアル, 北海道農研研究資料 62(2003)
- ・佐藤 理奈ほか, 増粘多糖類を利用したシーベリー果汁ソースの開発, (地独) 北海道立総合研究機構 食品加工研究センター報告第9号(2011)

(2) リンゴ「秋星」

石川県農業総合研究センター
育種栽培研究部園芸栽培グループ 小浦場 卓
資源加工研究部流通加工グループ 山田 幸信

① はじめに（育成経過、品種特性、栽培状況）

石川県で栽培されているリンゴ品種は、晩生の「ふじ」が約6割を占めているため栽培管理作業が集中するとともに、一部では受粉樹の確保に支障を来している。また、「ふじ」の収穫時期が11月上中旬と遅いことから、台風や霰（あられ）などの気象災害に遭う危険性が高く、「ふじ」に偏重した品種構成は生産安定の面から大きな課題となっている。しかし、青森県や長野県など主産地で栽培されている「つがる」や「陽光」など早・中生品種は、比較的温暖である石川県では着色不良や生理障害などの問題があるため、積極的な栽培振興ができない状況であった。そこで、県農業総合研究センターでは、温暖な石川県の気象条件でも着色が容易で、果実品質が優れた早・中生品種の育成に取り組んできた。

「秋星」は1987年に「ふじ」の自然交雑により得られた166個体の実生から選抜されたものである。1994年に初結実し、1999年と2000年に果実品質調査を行った結果、有望と判断され「リンゴ石川1号」の系統名が付けられた。その後の果実品質調査や生態特性調査から良好な特性が再確認されたため「秋星」と命名し、2003年に種苗法に基づく品種登録出願を行い、2005年9月に品種登録された。「秋星」の名前の由来は、リンゴが熟する「秋」に「星」のように光り輝くように、また、郷土が生んだ文豪「徳田秋声」にもちなんで名付けられた。

「秋星」の収穫時期は10月上中旬で、「陽光」とほぼ同じであり、「ふじ」より1ヶ月ほど早い（表1）。果重は300～350gと大きく、無袋栽培でも果実の全面が濃い赤色に着色し、多汁で甘酸適和した濃厚な食味が特徴である（表2、写真1、2）。

現在のところ苗木の供給は石川県内に限定されており、金沢市、珠洲市および羽咋市などで栽培が行われている（写真3）。栽培面積は3.5haで、6.1t（平成21年）が市場に出荷されている。

② 成分と機能性

「秋星」は収穫時の糖度（Brix%）が15程度、滴定酸度（リンゴ酸換算）は0.5mg/100mg程度で、食べた際の甘味と酸味のバランスが非常に良い。また、肉質が良く、果汁も多いなど、生食用として良好な特徴を兼ね備えている（表2）。

また、「秋星」の最大の特徴は果皮の赤色が極めて濃いことである。「秋星」果皮からは同量の「ふじ」果皮を用いたものよりも濃い色素抽出液を得ることができる（図1、写真4）。この「秋星」果皮の赤色色素の同定はまだ行われていないが、一般的な赤色系リンゴ品種の果皮赤色色素はシアニジン-3-ガラクトシド等からなるアントシアニン類であることが明らかにされており、代表的赤色品種「ふじ」の交雑品種である「秋星」の赤色色素も同様にアントシアニン類であると考えられる。

果皮中の赤色色素以外の「秋星」の機能性成分については未検討である。リンゴの機能

性成分としてはケルセチン・カテキン類・プロシアニジンなどのポリフェノール類、ペクチンなどの食物繊維、カリウムなどが着目されているが、品種により含有量や特性が異なるとされることから、「秋星」においても各種成分について評価していく必要がある。

③ 加工・利用の現状

「秋星」は生食用としての出荷が中心であるが、酸味に特徴を有することから加工品への利用も検討されており、「秋星」を原料としたジェラート、ジャム、洋菓子が市販されている。しかし、「秋星」の生産量がまだ少ないこともあり、季節限定商品が多い。また、ほとんどの商品は果肉のみを原料として使用しているが、他品種との差別化を図る上では品種の特徴である「果皮の濃い赤色」を活かした商品開発を検討していく必要がある。

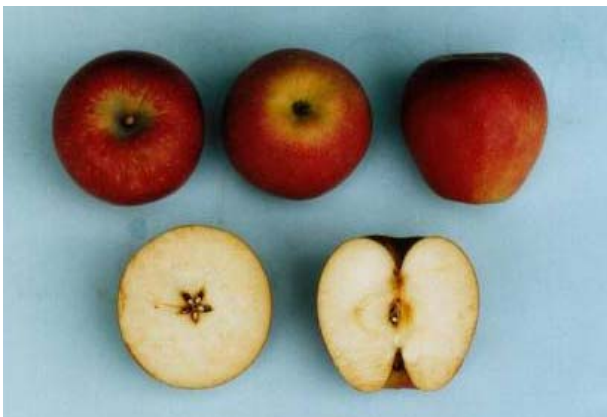


写真1 「秋星」の果実



写真2 「秋星」の結実状態



写真3 収穫期の「秋星」原木

表 1 育成地での「秋星」の結実特性（2001、2002）

品種名	発芽日（月．日）		満開日（月．日）	
	2001	2002	2001	2002
秋 星	3. 23	3. 18	4. 28	4. 20
陽 光	3. 27	3. 20	5. 1	4. 21
ふ じ	3. 26	3. 21	4. 29	4. 19

品種名	収 穫 期（月．日）			
	始		盛	
	2001	2002	2001	2002
秋 星	10. 5	10. 1	10. 9	10. 15
陽 光	10. 2	10. 1	10. 9	10. 7
ふ じ	11. 5	10. 30	11. 13	11. 8

出典）石川県農業総合研究センター研究報告 第 25 号（2003）

表 2 「秋星」の果実特性（2002 年度）

品種名	収穫日 （月．日）	大きさ （g）	形状	果皮色	縞
秋 星	10. 15	344	円～円錐	濃赤	不明瞭
陽 光	10. 15	451	円	鮮赤	明瞭
ふ じ	10. 30	364	円	赤	明瞭

品種名	着色	さび※ ¹		糖度 （Brix%）	酸度 （g/100ml）	硬度 （lbs）
		位置	量			
秋 星	多	梗あ※ ²	中	15. 5	0. 46	13. 8
陽 光	多	萼あ※ ³	多	15. 2	0. 31	15. 2
ふ じ	やや少	—	少	15. 3	0. 41	16. 9

※ 1 「さび」：果実表面にコルク状に茶褐色になった部分

※ 2 「梗あ」（こうあ）：リンゴ果実の上側（果梗がある方）

※ 3 「萼あ」（がくあ）：リンゴ果実の下側（お尻の部分）

品種名	肉質	果汁	蜜	香気	
				質	量
秋 星	良	多	無	やや良	中
陽 光	やや粗	中	無	中	中
ふ じ	良	多	多	良	中

出典）石川県農業総合研究センター研究報告 第 25 号（2003）

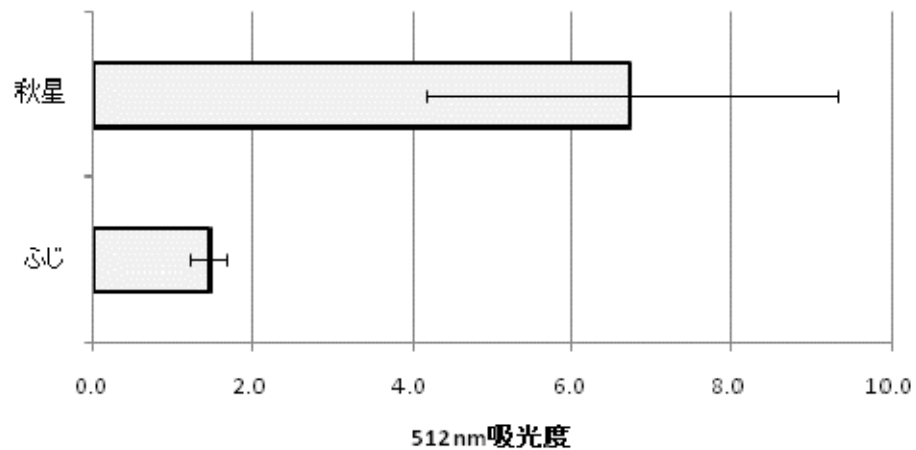


図1 「秋星」および「ふじ」の果皮からの赤色色素抽出液の吸光度

注) ①果皮 15g を 5%リンゴ酸入り 20%エタノール水溶液 30ml に加えて色素抽出し、512nm 吸光度を測定して色素濃度とした。「秋星」の抽出液は測定範囲を越えたため、希釈液を測定して原液の吸光度を算出した。②エラーバーは標準偏差を示す。n=3。

出典) 石川県農業総合研究センター 平成 21 年度試験成績概要集 (2010)



写真4 リンゴ果皮からの赤色色素抽出液 (左「秋星」、右「ふじ」)

(3) あまのり／発酵海苔

熊本県立大学 環境共生学部 食健康科学科 松崎 弘美

① はじめに

日本語の「ノリ」はもともと水中の岩石に苔のように着生する藻類全般を表す語であった。食用の海苔は、分類学的には互いに疎遠ないくつかのグループに分けられが、生活環が解明され、それを制御し大量に種苗を作ることによって、商業的な養殖が可能となっているものは2つのグループである。一つは紅藻類のウシケノリ科アマノリ属 (*Porohydra*) に属するグループで、板海苔に加工されるアサクサノリ、スサビノリ、ウィップルイノリなどがある。韓国海苔もこの属から作られる。もう一つは緑藻類のアオサ科に属するアオサやアオノリなどである。

歴史的には、古くは紫菜（むらさきのり・あまのり）、小凝菜（いぎす・テングサ）、鹿尾菜（ひじき）などがのりと称された。奈良時代（平城京）には、海藻類を売る「にぎめだな（和布店）」、海苔や昆布を佃煮のように加工したものを売る「もはだな（藻葉店）」という市場が存在し、大宝律令においても海苔が租税として徴収されている。江戸時代になると養殖技術が確立し、東京湾で採れた海苔（紫菜）を和紙の製造技術を用いて紙状に加工するようになり、現在市販されている板海苔が完成する。これに対して乾燥させない海苔は生海苔と呼ばれる。

海苔の主な産地は、宮城県、千葉県、愛知県、兵庫県、そして、福岡県、佐賀県、熊本県の有明海沿岸が主産地となっている。中でも有明海沿岸の三県は生産量の40%強を占める一大産地である。

このように、海苔は私たち日本人にとっても馴染み深く、古くから食されてきた海藻である。熊本県は有明海という日本有数の海苔の漁場に面しており、海苔を地産地消商品として売り出していくにあたり、恵まれた立地と言える。しかし近年、漁場環境の悪化による生産量の減少や後継者不足など、深刻な問題が発生している。また、海苔の用途・商品となると、板海苔や味付け海苔、佃煮などが大半を占め、限定される。そのため、インパクトのある新規海苔食品の開発が待たれる。

② 成分と機能性について

海苔（あまのり）には、多くのビタミン、ミネラルが含まれており、海の緑黄色野菜と言われるほど、栄養価が高い食品である（表1）。タンパク質含量は畑の肉と評される大豆に優るとも劣らない。脂質も含量はそれほど多くはないが、n-3系の多価不飽和脂肪酸の（エ）イコサペンタエン酸（血中中性脂肪濃度を低下させる作用を有する）を多く占める。加えて、健康増進や生活習慣病予防の目的で、種々の健康効果について研究がなされている。表2にその一例を示す。

しかし、これらの研究によって実際に発売に至った商品といえば、大半がサプリメントであり、食品そのものとしてはほとんど市場に出回っていないと予想される。

表 1 あまのりの栄養成分表（干し海苔）

甘海苔（あまのり・アマノリ）（100 g 中）			
熱量（カロリー）	173 kcal		
タンパク質	39.4 g	ビタミン D	0 µg
脂質	3.7 g	ビタミン E	4.3 mg
炭水化物	38.7 g	ビタミン K	2600 µg
β-カロテン	43000 µg	亜鉛	3.7 mg
レチノール	0 µg	カリウム	3100 mg
ビタミン B ₁	1.21 mg	カルシウム	140 mg
ビタミン B ₂	2.68 mg	鉄	10.7 mg
ナイアシン	11.8 mg	銅	0.62 mg
パントテン酸	0.93 mg	マグネシウム	340 mg
ビタミン B ₆	0.61 mg	マンガン	2.51 mg
葉酸	1200 µg	リン	690 mg
ビタミン B ₁₂	77.6 µg	食物繊維	31.2 g
ビタミン C	160 mg	コレステロール	21 mg

表 2 海苔に含まれる成分とその機能性

成分	期待される効果（機能性）
β-カロテン、ビタミン C	制ガン
食物繊維 （フコイダン、アルギン酸など）	血中コレステロール低下、動脈硬化予防、 免疫活性の増強、抗腫瘍作用など
ポルフィラン（水溶性食物繊維）	抗アレルギー、腸内善玉菌の増殖促進
海苔オリゴペプチド	血圧降下
フォルフィオシン	胃潰瘍防止

一方、人類は古代から「発酵食品」として、知らず知らずのうちに微生物の恩恵を受けてきた。とりわけ日本では、味噌・醤油・納豆など独自の発酵・醸造文化が発展し、私たちの食生活に少なからず影響を与えてきた。特に「乳酸発酵」では、乳酸菌が生産する乳酸が雑菌の繁殖を抑える効果をもたらすなど保存性や風味の向上にも貢献している。さらに、最近では血圧降下作用、がん抑制作用、抗酸化作用、コレステロール低下作用などの乳酸菌の機能性が注目されている。そこで、海苔を乳酸発酵させることにより海苔本来の栄養機能性に加えて、乳酸菌由来の機能性を付与した機能性食品を作出できるのではないかと考えた。海苔を原料とした保健効果の高い食品をつくることができれば、海苔の消費量も増え、地域の活性化につながるものと思われる。

これまでの研究で、イケダ食品株式会社との共同研究を通して、「しそきくらげ」に使用している中国産の乾燥きくらげから抗菌性乳酸菌を 3 株分離した（No. 25、42、83 株）。これら分離菌について 16S rDNA 配列を解析した結果、いずれも *Lactococcus lactis* と同定された。また、これら 3 株は、培養液上清の抗菌スペクトルおよび PCR による

ナイシン構造遺伝子の塩基配列より、タンパク質性の抗菌物質バクテリオシンの一つ、ナイシン Z (図 1) を生産することがわかった。ナイシン Z はナイシン A の構造類縁体であり、ナイシン A は WHO (世界保健機関) にも GRAS (Generally Recognized As Safe) 物質として安全性の高い天然の食品保存料として長らく認知されていたが、日本でもようやく 2009 年に食品添加物として認可された。乳酸菌が生産するナイシン構造類縁体には、ナイシン A の他にナイシン Z およびナイシン Q が知られている (図 1)。

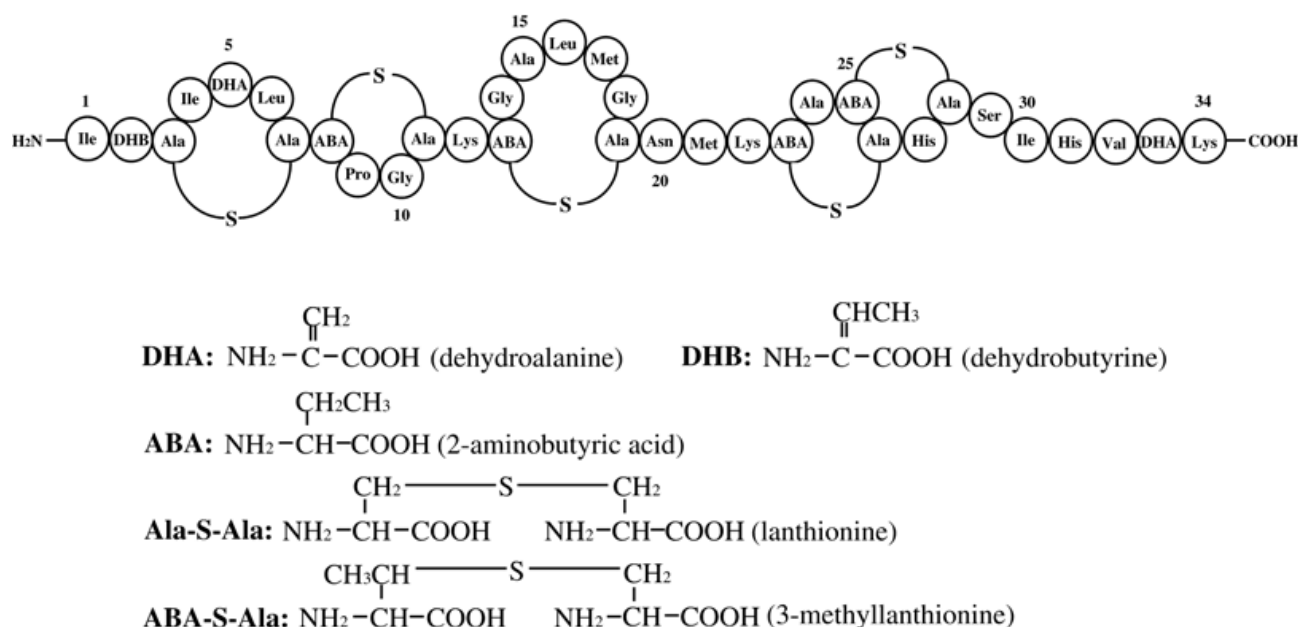


図 1 ナイシン A の構造

ナイシン Z はナイシン A の 27 番目のアミノ酸残基がアスパラギンである。

ナイシン Q はナイシン A の 15、21、27、31 番目のアミノ酸残基がそれぞれバリン、ロイシン、アスパラギン、バリンである。

このようなバクテリオシン生産乳酸菌は、伝統的な保存食品の糠味噌漬け（糠床）、たくあんやキムチなどの漬物類などで多数見出される。乳酸菌が生産する乳酸やバクテリオシンがそれら発酵食品の保存性を高めてきていると考えられている。つまり、安全性評価がされる以前から、私達は知らず知らずのうちにこれらを食してきたともいえ、食経験があり安全性が高いともいえる。したがって、バクテリオシン生産乳酸菌を乳酸発酵に使用すれば、雑菌汚染のリスクが低減し、日持ちする食品の製造も可能となる。このように、合成保存料を用いず、乳酸菌など生物由来（天然物由来）のものを利用した保存技術をバイオプリザベーションという。さらに、分離菌の No. 42 株（その後、*Lactococcus lactis* PUK9 と命名）は著量の GABA (γ-アミノ酪酸) を生産することがわかった（培地に添加したグルタミン酸を GABA に変換する）。

GABA は、脳に存在する抑制系の神経伝達物質として、ドーパミンなど興奮系の神経伝達物質の過剰分泌を抑えて、リラックス状態をもたらす作用があり、脳の血流改善（不眠の予防・改善）、精神安定（抗鬱）、腎機能活性化、肝機能改善などの生理的機能が知られている。GABA の機能性として最近最も注目されているのは、血圧降下作用である。その血圧降下作用のメカニズムは次のように考えられている。血管壁の平滑筋が収縮すると血圧が上昇するが、この平滑筋の収縮は交感神経から伝達されるホルモンのノ

ルアドレナリンの分泌によって起こる。摂取した GABA がやがて血管壁中に入り込み、交感神経末梢のレセプターに受容され、交感神経の亢進が抑えられる。すなわちノルアドレナリンの分泌が抑制されるので、平滑筋の収縮が起こらず、血圧の降下あるいは血圧の上昇の抑制がもたらされるというものである。GABA は血圧が高めの人（軽症高血圧や正常高血圧の人）が毎日 10 mg の飲食を継続すれば血圧降下の効用があると言われており、GABA を付加した食品や乳酸菌、酵母を用いた液体発酵による GABA 付加食品素材が研究・製品化されるようになってきている。

以上のことから、海苔（あまのり）を乳酸菌 *L. lactis* PUK9 を用いて乳酸発酵を行うことにより、海苔が有する栄養機能性に加えて、保存性（ナイシン Z による）と健康機能性（GABA による）を高めた食品（発酵海苔）を製造することを試みた。

③ 乳酸発酵海苔製品化に向けた試験

0.5% グルコースおよび 1.0% グルタミン酸ナトリウムを添加した 5 mL の M17 培地（OXOID）にて、乳酸菌 *L. lactis* PUK9 を 30℃ で 18 時間振とう培養した。遠心分離（6,000 rpm, 3 min）にて菌体を回収し、滅菌水による洗菌、遠心分離を 2 回行った。その後、滅菌水にて 10^2 倍、 10^3 倍、 10^4 倍希釈した懸濁液をあまのりに添加して発酵させた（生海苔発酵物）。その工程概略および試作品を次頁に示す（図 2）。その後、調味料を加えた場合（発酵生海苔佃煮）の製品も試作した（図 2）。

試作品のサンプルについては、乳酸菌の生菌数、抗菌活性、そして、GABA をはじめとしたアミノ酸含量について調べた。

海苔への乳酸菌添加量（ $3.0 \times 10^5 \sim 3.0 \times 10^7$ /g）の違いには関係なく、発酵 48 時間後には乳酸菌の生菌数は $1.0 \sim 5.5 \times 10^8$ /g となった。

サンプルの抗菌活性は、24 時間および 48 時間発酵させた海苔約 1 g を 0.05% 酢酸溶液中で攪拌、抽出した溶液を *Lactobacillus sakei* subsp. *sakei* JCM1157^T を指標菌に用いた spot-on-lawn 法によるバイオアッセイを行って力価を算出した。発酵させた海苔はその後の調味料添加の有無に関わらず、いずれも抗菌活性を示した（表 3）。

以上より、乳酸菌 PUK3 株があまのりを栄養分として増殖でき、抗菌物質のナイシン Z を生産することが明らかとなった。

発酵 24 時間後および 48 時間後の海苔の一般アミノ酸含量は、発酵前とほとんど変化はなかった。生海苔発酵物の GABA 含有量は乳酸発酵によりわずかに増加した（表 3）。しかしながら、著量の GABA を含有した発酵海苔を得ることはできなかった。また、当然のことであるが、調味料を加えて佃煮にすると、アミノ酸含量は GABA を含めて非常に多い結果となった。

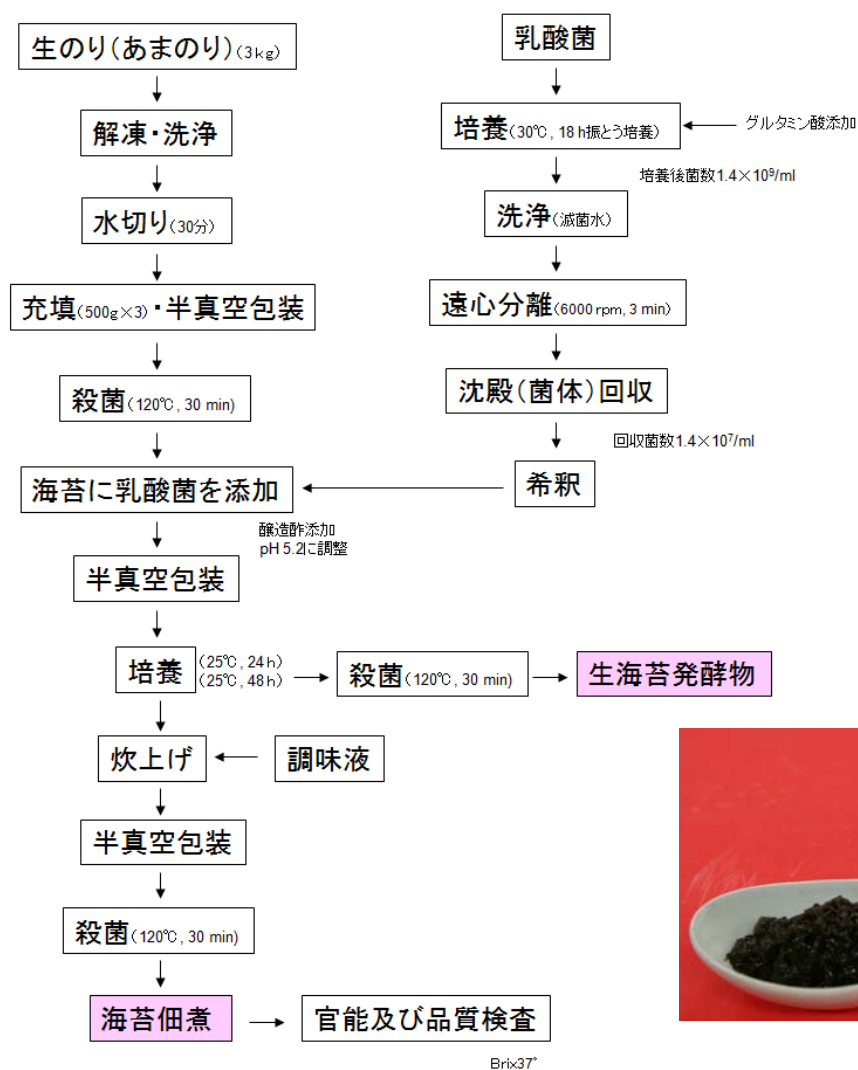


図2 生海苔発酵物・発酵生海苔佃煮の製造工程と試作品

表3 あまのり発酵海苔の抗菌活性と GABA 含有量

サンプル		抗菌活性 (AU/g-湿重量)	GABA 含有量 (mg/100 g)
生海苔発酵物	発酵 0 時間	0	0.31
	発酵 24 時間	400	0.88
	発酵 48 時間	600	0.57
発酵生海苔佃煮	発酵なし	0	25.45
	発酵 24 時間	400	24.47
	発酵 48 時間	200	23.12

④ まとめと今後の可能性

今回のあまのりの乳酸発酵試験（発酵海苔の製造）によって、雑菌汚染を防ぎ、保存性を高めた発酵海苔を製造できたといえる。乳酸菌が生産するナイシンは耐熱性であることから、加熱殺菌との併用も可能である。一方で、健康機能性を期待した **GABA** を著量に含んだ海苔（生海苔発酵物）を得ることはできなかった。しかしながら、海苔の乳酸発酵が十分可能であることが示された。これは海苔を発酵させて乳酸菌の機能性を付与することができるということである。たとえば、**GABA** 高生産乳酸菌を使用することで今回の結果を改善できると思われる。また、佃煮製造に用いた調味液には旨味成分グルタミン酸が多く含まれているが、**GABA** はグルタミン酸の酵素変換によって生成されるので、調味液添加後に乳酸発酵させると著量の **GABA** が得られたかもしれない。その他にも免疫力を高めたり、コレステロール低下作用など様々な機能性をもった乳酸菌が数多く知られている。これら機能性乳酸菌を用いて海苔の発酵を行えば、特定保健用食品としての海苔加工品も今後大いに期待できる。