

「べにふうき」緑茶のスギ花粉症状軽減効果とショウガによる増強効果

| | |
|-------|--|
| 誌名 | 農業および園芸 = Agriculture and horticulture |
| ISSN | 03695247 |
| 著者名 | 山本,万里 |
| 発行元 | 養賢堂 |
| 巻/号 | 81巻5号 |
| 掲載ページ | p. 546-552 |
| 発行年月 | 2006年5月 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



「べにふうき」緑茶のスギ花粉症状軽減効果と ショウガによる増強効果

山本(前田)万里*

〔キーワード〕: 「べにふうき」緑茶, スギ花粉症, IgE, エピガロカテキン- (3-O-メチル) ガレート (メチル化カテキン), ショウガ

はじめに

厚生省のアレルギー総合研究事業 (1992~1996年) 研究班・厚生省長期慢性疾患総合研究事業アレルギー疫学の研究調査で, 16歳以上のわが国のアレルギー疾患有病率は人口の約30%と報告されている。また, 科学技術振興調整費生活者ニーズ対応研究「スギ花粉症克服に向けた総合研究 (平成9~11年)」によればスギ花粉症患者の有病率を10%とした場合, それにかかる年間医療費は約2,860億円にのぼると推定されている。また, 1970年以降に生まれた人の9割がアレルギー陽性である (斎藤ら 2000) という報告やスギ花粉症患者は全国で約1,300万人いるという試算

(2000年8月25日付朝日新聞) もありアレルギー疾患は, いまや国民的疾患といって過言ではなくその対策が急がれている。

アレルギーとは過度の免疫反応であり, アレルギーを発症させる原因物質をアレルゲンという。アレルゲンが体内に侵入すると, 免疫担当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。I型アレルギーで中心的な働きを示すマスト細胞は, その表面にアレルギー発症に強く関与する免疫グロブリンE (IgE) と特異的に結合するレセプター (FcεRI) を持っている。そこへIgE抗体が結合し, そのIgE抗体にアレルゲンが結合するとレセプターの架橋が起こりマスト細胞は活性化されて細胞内から化学伝達物質 (ヒスタミン, ロイコト

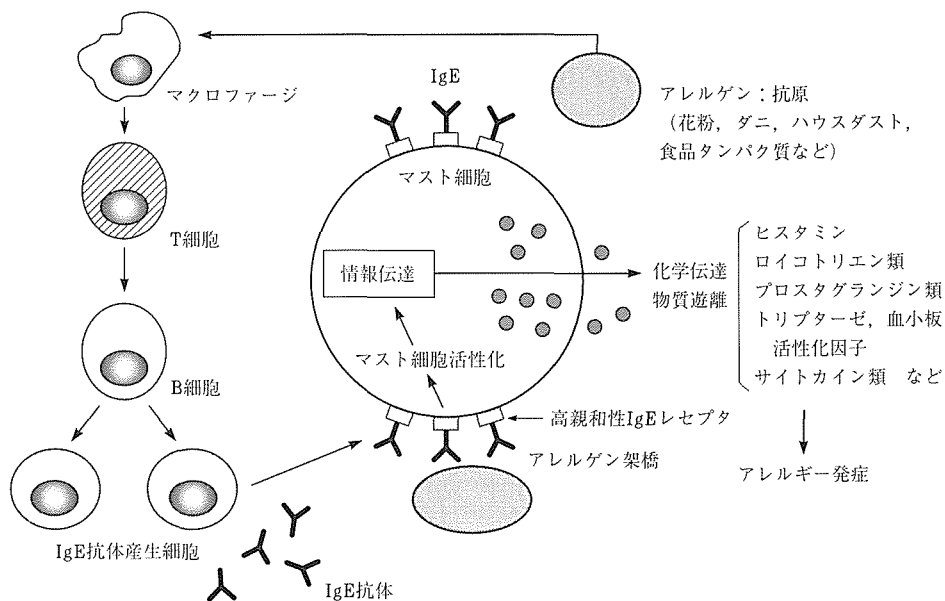


図1 アレルギー発症機序

* 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
(Mari Maeda-Yamamoto)

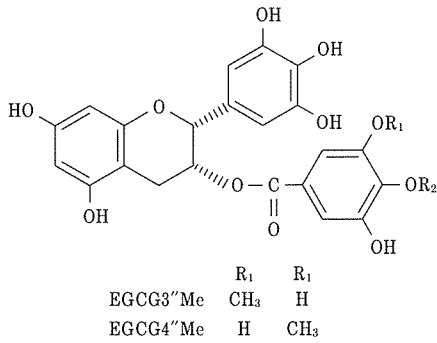


図2 メチル化カテキンの化学構造式

リエン等のケミカルメディエータ類)が放出される。また、サイトカインなども産生される。これらの生理活性物質や活性化された種々の細胞が体内の組織を傷害する(図1)。

アレルギー症状緩和と緑茶の疫学的調査はまだなされていないが、これまで、緑茶のカフェインがLPS (lipopolysaccharide) でマウスに全身性の炎症を引き起こさせた際にTNF- α の産生を抑制して強い抗炎症作用を示すこと(上田ら1997)、エピガロカテキンガレート(EGCG)やエピカテキンガレート(EGC)などのエステル型カテキン類がラットのマスト細胞からのヒスタミン遊離を抑制すること(Matsuoら1997, Ohmoriら1995, 山田1995)、サポニンがモルモットの気管支炎症抑制作用を持つこと(Akagiら1997)等が報告されてきた。また、「べにふうき」、「べにふじ」、「べにほまれ」等の一部の品種に比較的多く含まれるエピガロカテキン-(3-O-メチル)ガレート(メチル化カテキン: EGCG3''Me, 図2)(山本(前田)ら2001)がマウスI型(Sanoら1999), IV型アレルギー(Suzukiら2000)を抑制し、その作用機作がマスト細胞内情報伝達系阻害(Maeda-Yamamotoら1998, 2004), 好塩基球の高親和性IgEレセプター発現抑制(Fujimuraら2002)および脱顆粒抑制(Tachibanaら2000)であることを報告してきた。さ

らに、加水分解型タンニンであるストリクチンがIgEのクラススイッチを阻害すること(Tachibanaら2001)が明らかになってきた。

そこで、日常的に飲用する茶(*Camellia sinensis* L.)により鼻づまり, くしゃみ, 眼のかゆみなどのアレルギー症状を緩和することを目的として試験を行い, 本報では, メチル化カテキンを含む品種である「べにふじ」緑茶(山本(前田)ら2004), 「べにふうき」緑茶ならびにショウガエキスとの組み合わせによるスギ花粉症症状緩和への有用性および安全性(山本(前田)ら2005)について概説する。

1. 季節性アレルギー性鼻炎軽症者における「べにふじ」緑茶の効果

エピガロカテキン-(3-O-メチル)ガレート(メチル化カテキン)高含有緑茶飲用によるスギ花粉症者に対する有用性および安全性を評価した。2gティーバッグ2袋(1日分)中にメチル化カテキンを49.88mg含有する「べにふじ」緑茶ティーバッグを用い, プラセボとしてメチル化カテキンを含まない緑茶「やぶきた」2gティーバッグ2袋(1日分)をいずれも1日2袋を熱水浸出して飲用させた。試験は二重盲検法で実施した。スギ花粉症有症者18人を被験群(男性4名: 43.0 \pm 15.0歳, 女性5名: 44.6 \pm 8.5歳)および対照群(男

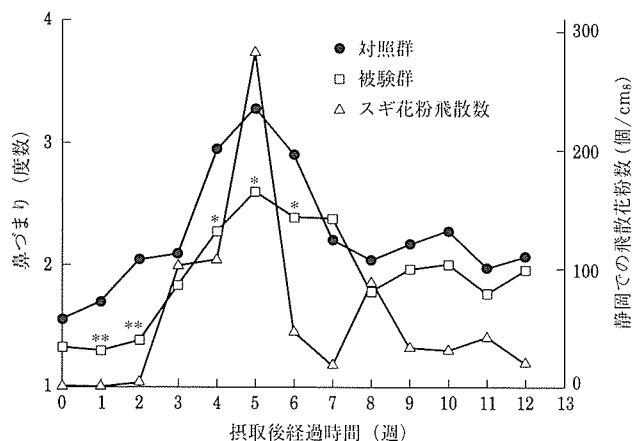


図3 「べにふじ」緑茶の花粉症状悪化軽減効果(山本(前田)ら2004)

対照群: 「やぶきた」緑茶飲用群, 被験群: 「べにふじ」緑茶飲用群.

*: $p < 0.05$ で対照群と有意差あり, **: $p < 0.01$ で対照群と有意差あり.

性5名: 34.6 ± 7.4 歳, 女性4名: 35.5 ± 15.3 歳)に分け飲用させた。試験は花粉飛散約1カ月前の2003年1月24日より開始し4月18日までの期間とした。その間, 1月27日から3月19日までの52日間飲用させた。試験期間中4回採血および採尿して, 血液学検査, 一般生化学検査, およびヒスタミン, IgE, スギ特異的IgE, サイトメガロウイルス抗体, 血清鉄, NK活性, 好中球貪食能の各項目を測定した。鼻アレルギーガイドラインに従って毎日アンケート調査を行い, くしゃみ回数, 鼻かみ回数, 眼のかゆみ, 鼻づまり, 咽頭痛, 生活の支障度を度数によって判定した。その結果, 花粉飛散の最も多くなった飲用開始5週目で, 対照群に比べ被験群の血液中IgE量について増加が有意に抑えられ, ヒスタミン量については抑制傾向が認められた。アンケート調査では, 眼のかゆみ, 鼻づまり, 咽頭痛, 生活の支障度で有意に改善された(図3)。これらの結果から, メチル化カテキンを含有した「べにふじ」緑茶の1カ月以上の連続飲用はスギ花粉症者の症状を軽減する効果

があるものと結論した。また, 一般生化学検査項目, サイトメガロウイルス抗体価, 血清鉄, NK活性, 好中球貪食能において, 両群で差は認められず「べにふじ」緑茶は安全性に問題はなく正常な免疫反応も阻害しなかった。

2. マスト細胞からの炎症性サイトカイン産生試験

前項に示したように, メチル化カテキン含有「べにふじ」緑茶がスギ花粉症の症状悪化を軽減し, 予備試験でも同じ種子親(「べにほまれ」)をもつ「べにふうき」緑茶がスギ花粉症の症状悪化を軽減した。その作用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(ブロッコリスプラウト, かいわれ大根, レッドキャベツスプラウト, ルッコラスプラウト, ショウガ)を組み合わせる抗原刺激後のマスト細胞(BMMC)からのサイトカイン産生に及ぼす影響を調べた。抗原刺激後2時間で, IL-2, IL

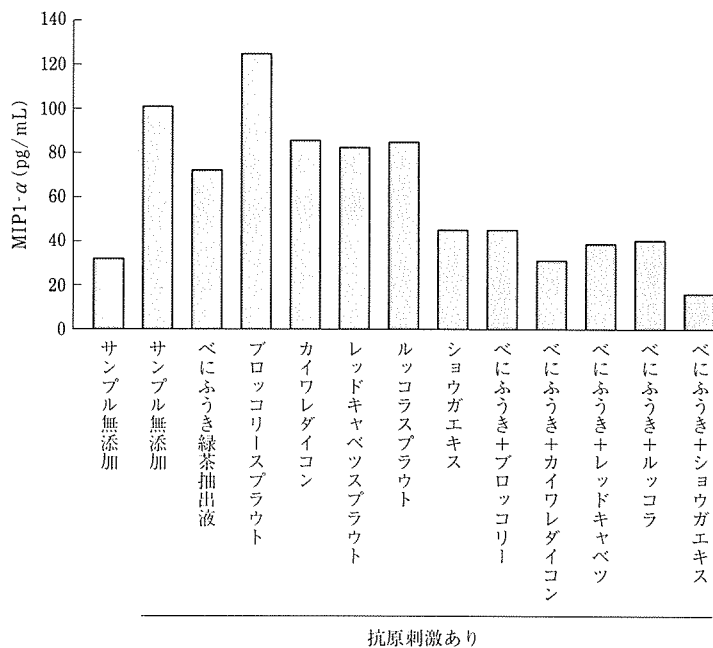


図4 マスト細胞炎症性サイトカイン産生に及ぼす「べにふうき」緑茶と各種野菜成分の組み合わせ効果(山本(前田)ら 2005)

MIP1- α : macrophage inflammatory protein-1 α ,好酸球を遊走させるサイトカインでアレルギーを増悪化する。

サンプル無添加: 緑茶抽出物, 野菜成分等のサンプルのかわりに水を添加した対照。

抗原刺激あり: 抗原刺激によりマスト細胞はサイトカインを産生する。

-5, IL-6, IL-17, GM-CSF, TNF- α , MIP-1 α で抗原刺激による数値の変動が認められた。とくに、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）は刺激により多量に産生された。

図4に「べにふうき」緑茶熱水抽出液および野菜抽出液のMIP- α 産生への影響を示した。「べにふうき」緑茶に組み合わせた野菜は、ブロッコリスプラウト、カイワレ大根、レッドキャベツスプラウト、ルッコラスプラウト、ショウガである。「べにふうき」緑茶のみでもMIP- α 産生を約40%抑制したが、野菜ではショウガのみが単体でMIP- α 産生を約70%抑制した。ブロッコリスプラウト、カイワレ大根と「べにふうき」緑茶を組み合わせることにより、産生抑制率が約2倍になったが、ショウガとの組み合わせにおいてMIP- α 産生は95%抑制され、「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。

3. 季節性アレルギー性鼻炎軽症者における「べにふうき」緑茶とショウガエキスの同時摂取による効果

メチル化カテキンを含有する「べにふうき」緑茶および「べにふうき」緑茶とショウガエキスの組み合わせのスギ花粉症者に対する症状の緩和効果についてメチル化カテキンを含まないプラセボ緑茶を対照とした二重盲検法により検討した。マスト細胞からの刺激後のサイトカイン産生を「べにふうき」緑茶とすりおろしショウガの組み合わせが強く抑制したので、通院していないスギ花粉症者27人（年齢23歳～59歳、男18名（平均年齢40.4歳）、女9名（平均年齢37.8歳））に対し、「べにふうき」緑茶粉末（1.5g）、ショウガエキス入り「べにふうき」緑茶粉末（1.5g + ショウガエキス30mg）、やぶきた緑茶（1.5g）を1日当たり2袋（メチル化カテキン量として44.7mg/日）ずつを86日間摂取させ、各種血液生化学検査値、アレルギー関連マーカー、正常免疫反応に関する血液マーカー、鼻づまり、目のかゆみなどのアレルギー症状に対する自覚症状の変化について検討した。

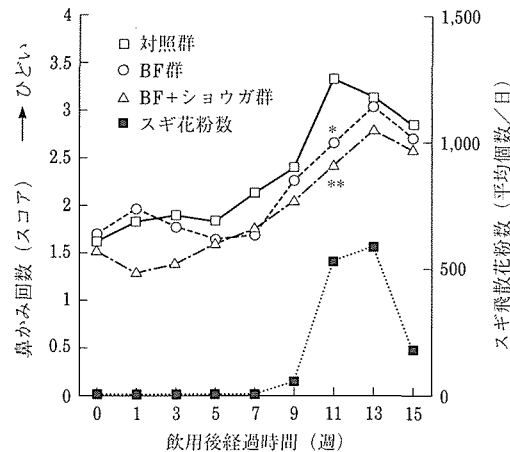


図5 ベにふうき緑茶飲用による鼻かみ回数軽減効果とショウガエキス添加による増強効果（山本（前田）ら 2005）

対照群：「やぶきた」緑茶摂取群，BF群：「べにふうき」緑茶摂取群，BF+ショウガ群：ショウガエキス入り「べにふうき」緑茶摂取群。

*： $p < 0.05$ で対照群と有意差あり，**： $p < 0.01$ で対照群と有意差あり。

試験開始は、2004年12月15日、（摂取開始は2004年12月22日、摂取終了は2005年3月18日（飲用は86日間）、摂取終了は4月8日（全試験期間は114日間）とした。試験期間中、12月22日（摂取開始前）、1月19日（摂取28日後）、2月16日（摂取56日後）、3月18日（摂取86日後）の4回、被験者に対し、管理医師の問診、血圧測定、採尿、採血を行った。被験者全員に2004年12月26日（試験開始日）から2005年4月8日までの全期間、「アレルギー日誌」を記載させた。花粉の飛散は2月下旬からであった。アレルギー日誌は、日本アレルギー学会アレルギー性鼻炎委員会の提唱する方法に準拠して作成した。日誌の記載は、くしゃみおよび鼻かみの回数、鼻づまり、眼のかゆみ、咽頭痛、生活への支障度について、症状の程度に相当する5段階評点（1（なにもない）～5（とてもひどい））および医薬品の服薬状況を1日1回、夜に記入させた。日誌は試験終了時に回収して解析を行った。アレルギー性鼻炎診療ガイドラインの指針（アレルギー性鼻炎ガイドライン作成委員会 2002）に従って鼻症状のSymptom Score、Medication Score（医薬品の服用点数）、これら両スコアを合算したSymptom-Medication Scoreを

算出した。鼻炎の自覚症状に関しては、2週間ごとのスコアの頻度を統計解析の対象とし、Mann-Whitney U検定により試験群間の比較を行った。

全期間(1~15週間)において被験者にアレルギー日誌により自覚症状を記載させたが、図5に示すように花粉飛散量の増加に伴い、各症状が悪化した。鼻汁(鼻かみ回数)(図5)、目のかゆみ(図6)の悪化において、対照群に比し、「べにふうき」緑茶群およびショウガエキス入り「べにふうき」緑茶群の症状の程度が有意に抑制されていた。ショウガエキス入り「べにふうき」緑茶群は、鼻づまり、咽頭痛の11週および13週で対照群に比べ有意な差が認められた。

鼻 symptom scoreでは11週ショウガエキス入り「べにふうき」緑茶群が対照群に比べ有意に悪化が軽減された。鼻 symptom medication score(図7)においても、11週および13週でショウガエキス入り「べにふうき」緑茶群で対照群に比し有意に悪化が軽減され、対照群>「べにふうき」緑茶群>ショウガエキス入り「べにふうき」緑茶群の順で悪化している傾向が顕著であり、対照群では抗アレルギー薬を使った被験者が多かったためと思われる。「べにふうき」緑茶は対照群に比べ症状悪化の軽減が認められたが、「べにふうき」緑茶とショウガエキスの組み合わせでさらに顕著な差

となって表れた。

スギ花粉症は、典型的なI型アレルギーでありスギ花粉の飛散量が重要な因子となる(斉藤1995, Satoら1997, 竹中2000)。試験期間中、好酸球数、CD23, およびくしゃみ回数、鼻汁、眼のかゆみ、鼻づまり、咽頭痛、鼻 symptom score, 鼻 symptom medication scoreのいずれもスギ花粉飛散の増加とともに各試験群で上昇した。IgEはマスト細胞表面のFcεRI発現を増加させて細胞を活性化し、アレルギー反応を進行させる(Mitaら1995)。マスト細胞上のFcεRIは、結合しているIgEとアレルゲンが結合することによって架橋され、マスト細胞を活性化してケミカルメディエータであるヒスタミンやロイコトリエンを細胞外へ放出する。放出されたヒスタミン、ロイコトリエンは好酸球の遊走を増強して起炎症作用を増強する。また、血管内皮細胞における接着分子を誘導することによってセレクチンを介した白血球の接着、さらに繊維芽細胞増殖を通じたアレルギー炎症のリモデリングなどに関与する。さらに活性化好酸球から分泌されるECP, EDNなどのタンパク質により組織が傷害され、アレルギー症状が進行する(岡本2001)と考えられている。また、活性化マスト細胞は、IL-4やIL-5などのTh2型サイトカインも産生し(Hart2001, Ferrerら2002, Churchら2002), IL-4はIgEクラス

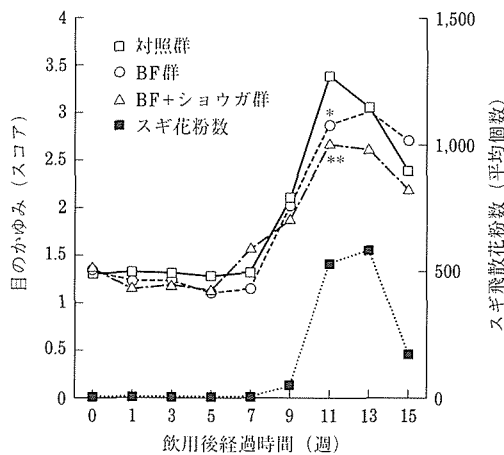


図6 べにふうき緑茶飲用による目のかゆみ軽減効果とショウガエキス添加による増強効果(山本(前田)ら2005)

*: $p < 0.05$ で対照群と有意差あり。

** : $p < 0.01$ で対照群と有意差あり。

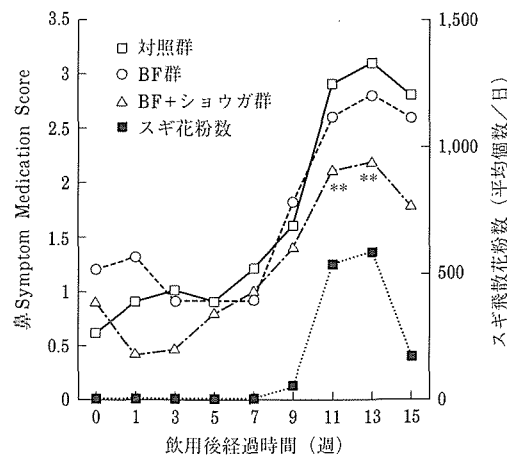


図7 ショウガエキス入りべにふうき緑茶飲用による節薬効果(山本(前田)ら2005)

** : $p < 0.01$ で対照群と有意差あり。

スイッチを促進, またマスト細胞自体を活性化 (Lorentzら 2001, Boyceら 2003) するなどアレルギー反応を進行させる。

アレルギー性鼻炎では, 感作抗原に特異的なIgEを介したI型アレルギー反応が大きな役割を果たしており, 活性化されたマスト細胞から遊離されたヒスタミンが鼻腔粘膜上皮に存在する知覚神経終末を刺激してくしゃみ発作や鼻汁分泌を誘発する。またヒスタミンやロイコトリエン等, マスト細胞に由来する種々のケミカルメディエータが鼻粘膜や結膜等の血管系を拡張することで, 鼻閉や眼のかゆみ, 落涙が誘発される。さらに鼻閉についてはI型反応に加えて遅発型のアレルギー反応が大きく関与しており, マスト細胞に加え, 活性化されたTリンパ球から遊離されたサイトカイン, ケモカインやケミカルメディエータが鼻粘膜への好酸球浸潤を促し, 症状の重症化, 持続化をもたらす。「べにふうき」緑茶に含まれるメチル化カテキンは, 経口摂取後に体内に吸収されること, マスト細胞の細胞内情報伝達系を阻害することでケミカルメディエータの遊離を抑制することが明らかにされているが, 今回の試験において観察された鼻炎症状改善の様子は, このような基礎検討の知見を裏付けるものであった。

また, 血液学的, 生理学所見および自覚症状において, 試験各群において副作用と考えられる変化は見られず, 総IgG抗体量, 血清鉄, 不飽和鉄結合能, 飽和鉄結合能, CMV (サイトメガロウイルス抗体) の各値においても試験期間中際だった変化を示さず各群とも差はなく, 「べにふうき」緑茶, ショウガエキス入り「べにふうき」緑茶の摂取に起因すると考えられる有害事象は観察されなかった。

以上のことから, スギ花粉飛散前より毎日「べにふうき」緑茶を連続的に飲むことにより, スギ花粉飛散後に発症したときのスギ花粉症の症状が軽減されたことは, 「べにふうき」緑茶の有用性を示したものである。緑茶は食経験の豊富な飲料であり, 「べにふうき」緑茶はスギ花粉症状の緩和に効果があり, 安全な飲料であること, またショウガエキスとの組み合わせによりさらに効果が増強されることが明らかになった。

今後も, 「べにふうき」緑茶と組み合わせてその

抗アレルギー効果を増強するような食品成分の組み合わせ効果について検討し, 茶の機能性を最大限に発揮しうる食品の複合効果を明らかにしていきたい。

謝 辞

本研究は, 農業・生物系特定産業技術研究機構「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業」の助成の一部および農林水産省委託プロジェクト「食品の安全性および機能性に関する総合研究」の助成の一部を受けて行った。

参考文献

- Akagi, M., N. Fukuishi, T. Kan and Y.M. Sagesaka 1997. Anti-allergic effect of tea-leaf saponin (TLS) from tea leaves (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Biol. Pharm. Bull.* 20:565-567.
- Boyce, J.A. 2003. Mast cells: beyond IgE. *J. Allergy Clin. Immunol.* 111:24-32.
- Church, M.K. and J.I. McGill 2002. Human ocular mast cells. *Curr. Opin. Allergy Clin. Immunol.* 2:419-422.
- Ferrer, M., E. Luquin, A. Sanchez-Ibarrola, C. Moreno, M.L. Sanz and A.P. Kaplan 2002. Secretion of cytokines, histamine and leukotrienes in chronic urticaria. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 129:254-260.
- Fujimura, Y., H. Tachibana, M. Maeda-Yamamoto, T. Miyase, M. Sano and K. Yamada 2002. Antiallergic tea catechin, (-)-Epigallocatechin-3-O-(3-O-methyl)-gallate, suppresses fcepsilonR1 expression in human basophilic KU812 cells. *J. Agric. Food Chem.* 50:729-734.
- Hart, P.H. 2001. Regulation of the inflammatory response in asthma by mast cell products. *Immunol. Cell Biol.* 79:9-153.
- 厚生労働省 21世紀型医療開拓推進研究事業 (EBM分野) アレルギー性鼻炎ガイドライン作成委員会 2002. 疫学, 発症のメカニズム, 検査・診断法 (アレルギー性鼻炎症状の重症度と病型分類), 2002年度鼻アレルギー診療ガイドライン (鼻アレルギー診療ガイドライン作成委員会). ライフサイエンス社, 東京. 8-37.
- Lorentz, A. and S.C. Bischoff 2001. Regulation of human intestinal mast cells by stem cell factor and IL-4. *Immunol. Rev.* 179:57-60.
- Maeda-Yamamoto, M., H. Kawahara, N. Matsuda, K. Nesumi, M. Sano, K. Tsuji, Y. Kawakami and T. Kawakami 1998. Effects of tea infusions of various varieties or different manufacturing types on inhibition of mouse mast cell activation. *Biosci. Biotech. Biochem.* 62:2277-2279.
- Maeda-Yamamoto, M., N. Inagaki, J. Kitaura, T. Chikumoto, H. Kawahara, Y. Kawakami, M. Sano, T. Miyase, H. Tachibana, H. Nagai and T. Kawakami 2004. O-methylated catechins from tea leaves, inhibit multiple protein kinases in mast cells. *J. Immunology* 172:4486-4492.

- Matsuo, N., K. Yamada, K. Shoji, M. Mori and M. Sugano 1997. Effect of tea polyphenols on histamine release from rat basophilic leukemia (RBL-2H3) cells; structure-inhibitory activity relationship. *Allergy* 52:58-64.
- Mita, H., H. Yasueda, T. Ishii and K. Akiyama 1995. IgE-mediated basophil releasability is influenced by intrinsic factors and by IgE on the cell surface. *Allergy* 50:952-958.
- 岡本美孝 2001. 鼻粘膜過敏症の形成と肥満細胞・肥満細胞の臨床. 先端医学社, 東京. 281-287.
- Ohmori, Y., M. Ito, M. Kishi, H. Mizutani, T. Katada and H. Konishi 1995. Antiallergic constituents from oolong tea stem, *Biol. Pharm. Bull.* 18:683-685.
- 齊藤憲二 1995. スギ花粉飛散と症状について. 耳鼻臨床補 76:26-35.
- 斎藤博久 2000. 小児のアトピー・喘息・皮膚炎の病態生理と診断・治療. 真興交易医書出版部, 東京. 1-249.
- Sano, M., M. Suzuki, T. Miyase, K. Yoshino and M. Maeda-Yamamoto 1999. Novel antiallergic catechin derivatives isolated from oolong tea. *J. Agric. Food Chem.* 47:1906-1910.
- Sato, K., T. Nakazawa, N. Sahashi and N. Kochibe 1997. Yearly and seasonal changes of specific IgE to Japanese cedar pollen in a young population. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 79:57-61.
- Suzuki, M., K. Yoshino, M. Maeda-Yamamoto, T. Miyase and M. Sano 2000. Inhibitory effects of tea catechins and *O*-methylated derivatives of (-)-epigallocatechin-3-*O*-gallate on mouse Type-IV allergy. *J. Agric. Food Chem.* 48:5649-5653.
- Tachibana, H., Y. Sunada, T. Miyase, M. Sano, M. Maeda-Yamamoto and K. Yamada 2000. Identification of a methylated epigallocatechin gallate as an inhibitor of degranulation in human basophilic KU812 cells. *Biosci. Biotech. Biochem.* 64:452-454.
- Tachibana, H., T. Kubo, T. Miyase, S. Tanino, M. Yoshimoto, M. Sano, M. Maeda-Yamamoto and K. Yamada 2001. Identification of an inhibitor for interleukin 4-induced germ-line transcription and antigen-specific IgE production in vivo. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 280:53-60.
- 竹中洋 2000. 空中飛散スギ花粉数の測定とその応用. アレルギー 49:558-561.
- 上田浩史・鈴木裕子・堤坂裕子・山崎正利 1997. 緑茶の抗炎症・抗アレルギー活性-カフェインの作用検討-. 農化誌 71(臨増):176.
- 山田耕路 1995. 免疫調節食品と抗アレルギー食品. 日食科工誌 42:952-958.
- 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 2001. 茶の品種, 摘採期と製造法によるエピガロカテキン-3-*O*-(3-*O*-メチル)ガレート含量の変動. 日本食品科学工学会誌 48:64-68.
- 山本(前田)万里・永井寛・浅井和美・森脇佐和子・安江正明 2004. メチル化カテキン含有緑茶「べにふじ」の連続摂取によるスギ花粉症者への有用性と安全性について. 健康・栄養食品研究 7:55-70.
- 山本(前田)万里・永井寛・江間かおり・神田えみ・岡田典久・安江正明 2005. 季節性アレルギー性鼻炎有症者を対象とした「べにふうき」緑茶の抗アレルギー作用評価並びに「しょうが」による抗アレルギー作用の増強効果. 日本食品科学工学会誌 52(12):584-593.