

レモンの健康効果に関する研究の動向

堂本 時夫

県立広島大学保健福祉学部看護学科

抄 録

広島県はレモンの主要産地であることから、市場や食関連産業でのレモンの市場価値を高める活動に取り組んでいる。レモン摂取の健康への効果は、レモンに含まれるビタミンC、レモン精油、有機酸だけでなく、抗酸化力の強いフラボノイドによってももたらされる。最近ではポリフェノールが豊富なレモンを健康増進に有益な果実として注目する研究が出されている。

本稿では、レモンに含まれる生物活性化合物と栄養や健康との関連について文献を通して紹介する。

キーワード：レモン, クエン酸, レモンポリフェノール, 生活習慣病

1. 初めに

私は数年来、地域住民の生活習慣病の予防・改善について当初は日常的な運動の面から、また近年は日常的なレモン摂取と健康との関わりについて研究に取り組んできた。平成19年国民健康・栄養調査（厚生労働省）によると、国民の1日平均歩数は男性7,321歩、女性6,267歩であり、「健康日本21」の目標値である男性9,200歩、女性8,300歩に達していない。また、国民1人1日当たりの野菜摂取量の平均値は290gであり、「健康日本21」で目標とする350gには達していない。この20年間の日本人の食生活の変化をみると、米類摂取量は66%に減少し、逆に肉類は120%に、また嗜好品飲料に至っては160%に増加している。果物摂取量は日本人は1人当たり1日平均87gで、この摂取量は欧米先進国の半分以下である。野菜や果物が不足気味で、積極的に運動をしない日本人の姿が想像される。

欧米の研究では、果物、野菜、魚、低脂肪乳製品などを多く摂り高脂肪乳製品が少ない食行動をとる人はメタボリックシンドロームのリスクが低く、逆に肉類や高脂肪乳製品を多くとる西洋型食行動パターンの方は糖尿病、肥満、高血圧などのリスクが高いことが知られている^{1,2)}。最近同じような調査が国内でも報告され、個人の嗜好や食物摂取頻度、食習慣への意識的な配慮がメタボリックシンドローム発症リスクと密接に関連していることが報告され^{3,4)}、特に野菜や果物に含まれる食物繊維^{5,6)}、やポリフェノール^{7,8)}等がメタボリックシンドロームの予防の面からも効果があることが注目されている。果物の中でも柑橘類を摂取することによる健康への効果は以前より知られていたが⁹⁾、みかん摂取と生活習慣病有病率についての6000人規模の疫学調査で、みかんの日常的な摂取が糖尿病・

高血圧・心臓病・痛風の有病率を低下させることが示され¹⁰⁾、その後の杉浦らの精力的な研究によりみかんのβ-クリプトキサンチンが生活習慣病に対して予防的効果を有する可能性が示されている¹¹⁾。

我々は瀬戸内が日本一のレモン産地であることから、レモンを食生活に取り入れることで地域の人々の健康に役立つのではないかと考え、2008年よりレモンの健康に対する効果を疫学的に調べることに着手した。平成21年の統計（特産果樹生産動態等調査、農林水産省ホームページ：統計情報）でみると、レモン県別生産量は広島県（5,542t）、愛媛県（2,268t）、和歌山県（516t）、熊本県（234t）の順となっており、国内の60%が広島県で生産されている。しかし、消費の面から平成19年の実績でみると、海外からのレモン輸入量が約60,000tに対して国内生産はその10分の1であり、圧倒的に輸入レモンに頼っている。近年、食の安全志向に加えて、健康な生活を目指す上で安心安全な食生活を通して健康を保ちたいという傾向に後押しされて、国内産レモンの生産と消費の増加が顕著となりつつある。（図1）このような背景のもとに、地域の有力な生産品であるレモンの利用を促すためにも、レモンと健康との関わりについて情報発信が求められている。本稿ではレモンと健康に関する研究の動向を最近の発表論文にもとづいて紹介する。

2. レモンの成分の概観

レモンと言えばビタミンCが多く含まれている（0.05g%）ことが良く知られており、その量は温州ミカンの約1.4倍である¹²⁾。レモン果汁にはクエン酸が非常に多く含まれる（6.08g%）ことも良く知られており、その量は温州ミカンの約6倍、ウメの約2倍となる¹³⁾。最近では他の柑橘類同様に果皮に含まれて

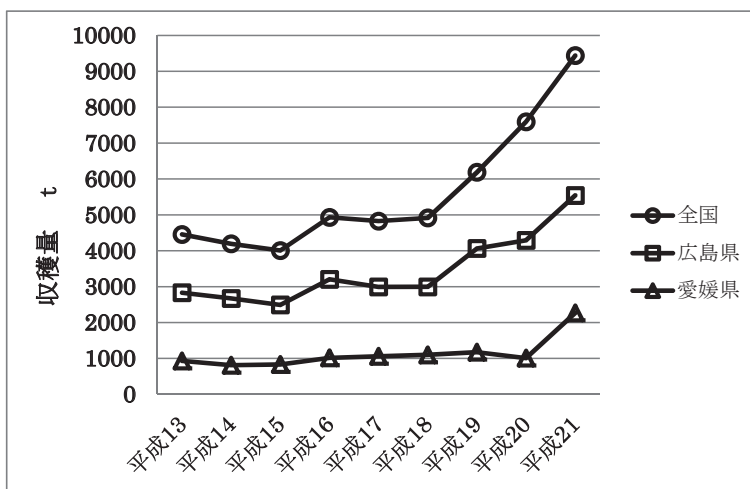


図1 平成13年以降の国内のレモン生産量
(平成21年度農水省・特産果樹生産動態等調査より作図)

いるポリフェノール類が見直されつつあるが、レモンの特徴としては非常に抗酸化力が強いエリオシトリン（果汁中：12.1mg/100ml，果皮中：280mg/100m）が他の柑橘類の30～100倍含まれていることが特筆される¹⁴⁾。また、柑橘類の果皮には芳香のもととなるレモン精油が豊富に含まれているが¹⁵⁾、レモン精油の中には圧倒的にリモネンが多く含まれレモンの芳香のもととなっている¹⁶⁾。

3. アロマセラピーでのレモン精油（レモンオイル）の利用

香りを心身の癒しに利用するアロマセラピーは古くから知られており、ラベンダーなどと並んでレモン特有の芳香を利用する試みは様々な生活の場において利用され、ストレス緩和作用を始めその効果についての検討がなされている¹⁷⁾。看護や介護の現場でアロマセラピーを利用した報告は1997年から2007年までの10年間について国内に限ってみると1575件（原著論文265件，会議録642件，解説577件），看護領域でみると原著論文123件，会議録216件の報告があり，内容的には「睡眠」27件 22%，「リラックス」25件，20%，「疼痛緩和」13件，11%，「ストレス緩和」7件，6%となっている¹⁸⁾。これらのアロマセラピーを応用した例ではレモン芳香を他の芳香と併用して利用している例がほとんどである。心電図やバイタルサインなどの生理学的指標での検証を試みたものもあるが，ほとんどは心理的指標での評価による効果の判定である。また，健常人での実験では，軽作業の負荷に対してレモンの香りが作業の負担感や疲労感の軽減に役立つことが報告されている^{19,20)}。レモンオイル吸引に際してはその成分中のリモネンが交感神経を刺激することが知られており^{21,22,23)}，この特性を様々な生活の場を利用する工夫も考えられる。

アロマセラピーを臨床的に応用した報告の中で以下の応用例は興味深い。高度アルツハイマー病患者65名を含む高齢者77名を対象として，9時～11時にローズマリーとレモンの芳香を，19時半～21時半にラベンダーとスイートオレンジの芳香を居室に送風散布（28日間）し，その効果を認知機能評価法であるタッチパネル式認知症治療評価法（TDAS）において検証し，認知機能全体の障害の程度を表す総点，および手指の名称記憶点数において有意な改善が見られた^{24,25)}。朝はローズマリーとレモンオイルによる刺激作用により交感神経を優位に働かせ，夜はラベンダーとオレンジオイルによる鎮静作用により副交感神経を優位に働かせることが考えられ，非薬物治療の可能性も伺える。レモン精油によるアロマセラピーはうつ未病者に対しても，心理学的調査での検定結果から「緊張不安」「抑うつ落ち込み」の程度を軽減する効果が

報告されている²⁶⁾。

ところで，アロマセラピーによる様々な効果はいわれていても，実際に脳にどのような効果を持つかについての明確な説明は現段階ではされていない。最近，実験動物を使ってレモンオイルあるいはリモネン吸引の脳への影響が頻繁に報告されている。痛みおよび侵害刺激に対して，レモンオイルの吸引が視床下部室傍核ニューロンでの活性化を促すこと²⁷⁾，ストレス負荷に対してレモンオイル吸引が抗ストレス効果を示すと同時に海馬などでのドーパミンやセロトニン放出を伴うこと²⁸⁻³⁰⁾，海馬での酸化ストレスによる神経変性をレモンオイル投与で防止する可能性³¹⁾，リモネン吸引が動物の学習能力改善を促し同時に脳内ドーパミン濃度の上昇がみられること³²⁾等が報告されている。今後，レモン精油吸引の影響が脳のどのような反応と関係しているかについて，ヒトでの研究が待たれる。

4. 生活習慣病関連指標へのレモン摂取の効果

生活習慣病（メタボリックシンドローム）の概念は，1989年にアメリカのN.M.Kaplanが“The Deadly Quartet（死の四重奏）”という論文を発表して広く知られるようになった³³⁾。内臓肥満蓄積に伴って，耐糖能障害，高トリグリセリド血症，高血圧，等が進行していき動脈硬化の危険性が増大するものである。日本では関連8学会が共同で診断基準を策定している³⁴⁾。日本での現状は平成19年国民健康・栄養調査の概要によると，中高年（40～74歳）の男性で2人に1人，女性の5人に1人がメタボリックシンドローム（内臓脂肪症候群）該当者か予備軍であると報告されており事態はさらに深刻となってきている。「初めに」で述べた如く，メタボリックシンドロームのリスクには栄養摂取が大きく関わっており，特に柑橘等の果物の摂取は心血管系疾患や糖尿病の発症予防に有効である可能性が高いことが云われている³⁵⁾。近年，エリオシトリンなどのレモンポリフェノールがメタボリックシンドロームの予防と改善に有効であることを示す報告が実験動物やヒトでの研究から蓄積されてきている³⁶⁾。

4.1 血液中のコレステロール，LDLや血糖値への影響

食物として摂取されたレモンポリフェノール（主にエリオシトリンとヘスペリジン）はエリオデイクチオールやヘスペレチンなどのアグリコンとして吸収されて，グルクロン酸抱合体として血液中や尿中に見出される³⁷⁾。動物実験では高脂肪食によって生じる血中の高脂肪，高血糖，高コレステロール等がレモンポリフェノールあるいはエリオシトリン投与で低下すること^{38,39)}，果皮から抽出したペクチンや果皮の絞り汁

を投与することによる血中や肝臓内のコレステロール低下など^{40,41)}が確認されている。また、ヒトを対象とした研究においてもレモン果汁によるトリグリセリド吸収抑制とカイロミクロン合成遅延効果がみられ、脂質代謝の改善に有効である可能性が示唆されている⁴²⁾。より直接的に抗酸化力を調べた動物実験では、レモンフラボノイド投与による運動後の酸化ストレス軽減⁴³⁾、あるいは血液、腎臓、肝臓での酸化ストレス軽減⁴⁴⁾が報告されており、ヒトにおいてもレモンフラボノイド配糖体摂取により LDL 酸化が有意に遅延すること⁴⁵⁾が報告されている。

血中や肝臓での脂質代謝には様々な複雑な要因が絡み合っており、レモンポリフェノールの効果については今後のより詳細な効果成分と代謝段階についての研究に期待したい。

4.2 血管壁への影響

動脈硬化の進展は、LDL などの脂質の酸化と動脈壁への侵入、内皮細胞への単球の接着・浸潤とマクロファージ化、泡沫細胞の形成、コラーゲンや平滑筋などによるプラークの形成、プラークの破綻、血栓形成の経過をたどるとされている⁴⁶⁾。レモンフラボノイドがこれらのステップの進行を抑え、動脈硬化予防に結びつく可能性を示す基礎的研究が蓄積してきている。レモンフラボノイド投与により血管内皮細胞に対する単球接着が抑制され⁴⁷⁾、炎症反応が抑制される結果が得られており⁴⁸⁾、レモン果汁から同定された4種類のポリフェノールがヒト臍静脈の内皮細胞の接着に働く血球接着分子(ICAM-1: intercellular adhesion molecule-1)の活性を抑えるという報告もされている⁴⁹⁾。レモンフラボノイド(エリオシトリン、ヘスペリジンなど)はマクロファージ培養系において、マクロファージより分泌されるMMP(Matrix Metalloproteinase)に直接結合してMMP活性を低下させる⁵⁰⁾。MMPは亜鉛依存性のエンドペプチダーゼ・ファミリーで現在20種類以上が知られている。MMPの発現は動脈硬化形成過程のさまざまなステージで関与しており、レモンフラボノイドによってその過程が抑えられる可能性を示している。

4.3 血圧への影響

レモンの血圧上昇を抑える効果はSHR(高血圧発症ラット)での研究で比較的早くから報告されている。レモン果皮からのフラボノイド配糖体投与による血圧降下作用は1984年の隈元らの報告に見られ、その有効成分は6, 8-ジ-C-グルコシルアピゲニンおよびリモシトロール-3β-D-グルコースであることが示されている^{51,52)}。レモン果汁からの粗抽出フラボノイド、あるいはエリオシトリンとヘスペリジンを含む分画を経口投与したSHRの実験では収縮期血圧の下降

が確認され、その効果はアンジオテンシンI変換酵素の阻害にある可能性が示唆されている⁵³⁾。

ヒトを対象にしたレモン摂取と血圧との関係は最近の我々の研究まで報告がみられないのでここで詳しく紹介する⁵⁴⁾。レモン産地の中老年女性を対象とし、2008年9月(1回目)と2009年3月(2回目)に身体計測や血液採取を行い、この間の5カ月間にわたり日々のレモン摂取量を記録した。測定した19項目について2回目と1回目の測定結果の変化量とレモン摂取量(1日平均摂取個数/人:平均0.53個)の間の相関を調べた。その結果、レモン摂取量と収縮期血圧との間には有意な負の相関が($r=-0.199, p=0.037$)みられた。

また、対象者を1日平均レモン摂取個数が0.3個未満(果汁換算で約10ml未満)、0.3個以上~0.7個未満(果汁換算で10~20ml)、0.7個以上(果汁換算で約20ml以上)の3群に分けた上で2回目と1回目測定値の変化量を比較したところ、レモン摂取量が多い群ほど収縮期血圧は低下する傾向が明らかであった。(図2)

この研究⁵⁴⁾では血圧のみならず脂肪細胞から分泌されるホルモンについても興味ある結果が得られている。抗動脈硬化物質として知られているアディポネクチンの血中濃度が低下するとメタボリックシンドローム関連指標はおしなべて悪い傾向を示し低アディポネクチン血症を呈することが知られている⁵⁵⁾。上述と同様な分析で、レモン摂取量と血中アディポネクチン濃度については有意な正の相関($r=0.216, p=0.23$)が確認され、更に3群比較においてもレモン摂取量が多い人ほど血中アディポネクチン濃度の増加が確認された。日常的なレモン摂取が生活習慣病の予防・改善に

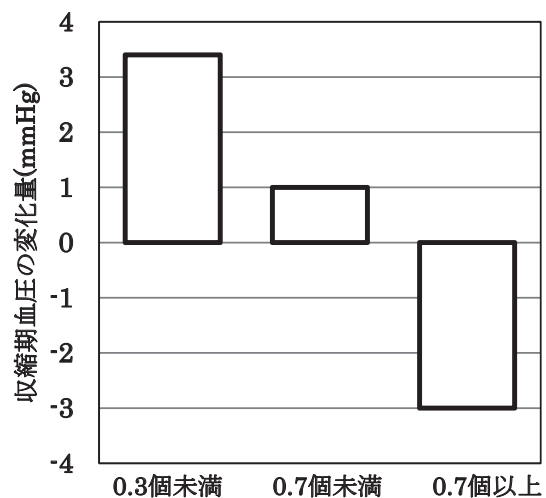


図2 レモン摂取量と収縮期血圧との関係
調査期間(5か月)の1日平均レモン摂取個数で被験者を3群とし、調査期間前後の収縮期血圧の変化を群の平均値で比較した。文献54)の数値から作図。

有効である可能性を秘めている。

5. クエン酸による疲労回復効果

身体疲労時や運動後には甘味や酸味の欲求が高まることは経験的によく知られており、レモン果汁は嗅覚的にも味覚的にも爽やかさが感じられることから疲労時や運動後に良く摂取されてきている。レモンに豊富に含まれているビタミンCやクエン酸が疲労回復に関して有効な成分と考えられている⁵⁶⁾。日常生活で疲労を自覚している被験者を対象にした大規模なプラセボ対象WEB調査では、クエン酸配合飲料の摂取が疲労感、緊張度、退屈感、イライラ感を緩和し、更にはレモン摂取の継続によりその効果がより顕著になった⁵⁷⁾。

また、プラセボ対象被験者を対象とした運動との関連についての研究で、運動負荷前にクエン酸を摂取することにより運動負荷後の肉体的疲労回復が促進されストレス物質の蓄積も軽減されること⁵⁸⁾、持久運動負荷後にレモン果汁及びクエン酸摂取することにより、運動中に上昇した血中乳酸濃度を減少させる効果があること⁵⁹⁾等が報告されている。

6. クエン酸による金属キレート作用

クエン酸やリンゴ酸はカルシウムや鉄などの金属イオンをキレートして錯体を形成し腸からの吸収を促すことが以前より知られている。不溶性の炭酸カルシウムあるいはリン酸カルシウムからは可溶性のクエン酸カルシウムが形成され、可溶化したクエン酸カルシウムは腸からのカルシウム吸収に効果的であることが動物実験⁶⁰⁾やヒト健常者を対象とした研究^{61,62)}で示されている。レモンの例ではないが、実際の食材との関係でクエン酸のキレート作用による金属イオンの吸収促進がみられたとする研究も報告されている。シラスボシの粉末にスダチ果汁を入れて混ぜた食材にすると、水で混ぜた場合よりもカルシウム(1.4倍)、マグネシウム(1.2倍)などが多く吸収されることが示された⁶³⁾。

カルシウム吸収といえば骨との関係が想起されるが、乳離れしたばかりのラットをクエン酸カルシウムあるいは炭酸カルシウムを混ぜたで餌で飼育すると、クエン酸カルシウム飼育では炭酸カルシウム飼育よりも海綿骨の成長が大きいことが示された。その程度は4週後で23-25%、12週後で44-47%ほどクエン酸カルシウム飼育での海綿骨の成長が大きいと報告されている⁶⁴⁾。ヒトの食生活、とりわけカルシウムや鉄の不足を補うことが必要な場合には、単にカルシウムや鉄が多く含まれている食材を摂る事に加えてレモンと一緒に摂取する工夫をすることが有効と思える。

7. レモンの殺菌作用

一般にはあまり話題になっていないが、レモン果汁の殺菌力は普段の生活の中に応用できる可能性がある。イースト、枯草菌、乳酸菌の成長曲線の変化をみた実験では、培養液へのレモン果汁添加により成長が阻害されることが報告されている。成長阻害のない濃度は10ppm程度であり、逆に完全に成長を止める濃度でみると、イーストに対しては100ppm程度、カンジダやラクトバシルスでは150ppm程度であった⁶⁵⁾。実際の食材にサルモネラ菌を播いた後、レモン果汁を混ぜることによって一定程度菌の増殖が抑えられることが、貝のすり身⁶⁶⁾、ニンジン⁶⁷⁾、魚のすり身⁶⁸⁾、チーズ⁶⁹⁾等で報告されている。レモン果汁だけでなくレモン精油にも一定の殺菌作用(グラム陽性、グラム陰性とも)があるがレモン精油からの揮発成分には殺菌作用はない⁷⁰⁾。また、サルモネラ菌の簡易検出法として、培養皿上に置いたレモン・スライス周辺に特有な黒いリングが形成されるという興味深い現象も報告されている⁷¹⁾。

8. あとがき

保健福祉学部で研究チームを立ち上げ、2008年からレモンの健康への効果について臨床疫学的な研究を進めてきた。さらに2011、2012年度にはレモンの成分と機能性についての研究実績を持つ生命環境学部の武藤教授らのグループとともに県立広島大学重点研究(学内共同プロジェクト研究)「広島県産レモンの成分・機能分析と健康への効果に関する研究」に取り組んだ。この研究は大学のみならず県、レモン産地、企業等からの有形無形の応援もいただき、広島からの国内産レモンの利用促進につなげようとするものであった。平成24年10月14日には広島県、JA、(株)ポッカコーポレーションの後援をいただいて「レモンの魅力～広島レモンの良さをもっと知って欲しい～」と題してシンポジウムを開催した。そこでの基調講演でレモンの健康への効果について最近の医療系文献をもとに紹介した。折角の機会なので、その講演内容に筆を入れて総説の形でここに紹介した。

謝辞

研究を支えてくれた保健福祉学部の加藤洋司、青井聡美、三宅由希子、石原克秀、池田ひろみ、佐藤公子諸氏(以上、看護学科)、原田俊英、瀧川厚、梅井凡子諸氏(以上、理学療法学科)、十河正典氏(現田辺三菱製薬)に深謝します。また、共同研究を進めていただいた(株)ポッカコーポレーション、研究協力をいただいたJA果実連、JA広島ゆたか、JA三原せとだ、

ならびに地域の皆様に深く感謝します。

引用文献

- 1) Esmailzadeh, E., Kimiagar, M., et al.: Dietary patterns, insulin resistance, and prevalence of the metabolic syndrome in women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 85: 910-918, 2007
- 2) Williams, D.E.M., Prevost, A., et al.: A cross-sectional study of dietary patterns with glucose intolerance and other features of the metabolic syndrome. *Br. J. Nutr.*, 83: 257-266, 2000
- 3) 高橋恵子, 桐原優子ほか: 農村における生活習慣病の臨床学的研究 — 年齢別にみた食品摂取状況と検診成績の関連性 —. *日本農村医学雑誌*, 75: 700-707, 2002
- 4) 大塚礼, 玉腰浩司ほか: 職域中高年男性におけるメタボリックシンドローム発症に関する食習慣の検討. *日本栄養・食糧学会誌*, 62: 123-129, 2009
- 5) 辻啓介: 食物繊維と動脈硬化. *Functional Food*, 2: 133-138, 2008
- 6) 池田 郁男: 動脈硬化症を予防する食品成分の整理機能の解明, *日本栄養・食糧学会誌*, 62: 99-105, 2009
- 7) 内藤祐二, 吉川敏一: 食品による肥満症, メタボリックシンドロームの予防, 治療., *Functional Food*, 1: 130-137, 2008
- 8) 大森玲子: 食事因子と動脈硬化性疾患に関する研究. *日本栄養・食糧学会誌*, 60: 3-9, 2007
- 9) 杉浦実, 田中啓一ほか: 果物摂取と生活習慣病の予防. *栄養学雑誌*, 61: 343-347, 2003
- 10) Sugiura, M., Matsumoto, H., et al.: A cross-sectional analysis of Satsuma mandarin consumption and health status according to data from self-administered questionnaire. *Journal of Health Science*. 48: 366-369, 2002
- 11) 杉浦実: 果物と生活習慣病予防. 治療, 84: 142-144, 2002
- 12) 食品成分研究調査会編「日本食品成分表」, 東京, 医歯薬出版, 290-291, 2006
- 13) (社) 日本果汁協会監修「最新 果汁・果実飲料事典」, 東京, 朝倉書店, p461, 1997
- 14) Miyake, Y., Yamamoto, K., et al.: Characteristics of antioxidative flavonoid glycosides in lemon fruit. *Food Sci. Technol. Int. Tokyo*, 4: 48-53, 1998
- 15) 受田浩之: カンキツ精油の有する生体作用の生化学的解析. *AROMA RESEARCH*, 9: 2-6, 2008
- 16) Sinclair, W.B.: The Biochemistry and Physiology of the Lemon and Other Citrus Fruits”, Division of Agriculture and Natural Resource, University of California, Oakland, p.255, 1984
- 17) 山西優一郎, 小谷依子ほか: 暮らしのなかへの匂いと癒し. *日本アロマセラピー学会誌*, 8: 11-16, 2009
- 18) 原三紀子, 宗村弥生ほか: 看護領域におけるアロマセラピー研究の動向と課題. *看護実践の科学*, 36: 58-65, 2010
- 19) 新松直, 小池貴行ほか: デスクワーク作業時の呼吸代謝および脳血流の及ぼす香りの研究, *日本味と匂学会誌*, 16: 593-596, 2009
- 20) Kawamoto, R., Murase, C., et al.: The effect of lemon fragrance on simple mental performance and psychophysiological parameters during task performance. *J UOEH 「産業医大誌」* 27: 305-313, 2005
- 21) 新島旭: 匂い刺激の自律神経活動, 脂肪代謝調節に及ぼす効果: アロマセラピーの生理学的研究. *自律神経*, 45: 178-185, 2008
- 22) 永井克也: 香りと自律神経. *日本アロマセラピー学会誌*, 7: 21-27, 2008
- 23) 永井成美, 坂根直樹ほか: レモン, グレープフルーツ摂取が自律神経活動動態に及ぼす効果. *肥満研究*, 14: 17-24, 2008
- 24) 神保太樹, 浦上克哉: 高度アルツハイマー病患者に対するアロマセラピーの有用性. *Journal of Japan Society of Aromatherapy*, 7: 43-48, 2008
- 25) Jinbo, D., Kimura, Y., et al.: Effect of aromatherapy on patients with Alzheimers disease. *Psychogeriatrics*, 9: 173-179, 2009
- 26) 今野紀子: 香りによるうつ未病期のメンタルケア効果 — レモン, ユズ精油の作用. *Aroma Research*, 10: 60-63, 2009
- 27) Aloisi, A., M., Ceccarelli, I., et al.: Effects of the essential oil from citrus Lemon in male and female rats exposed to a persistent painful stimulation, *Behavioural Brain Research*, 136: 127-136, 2002
- 28) Komiya, M., Takeuchi, T., et al.: Lemon oil vapor causes an anti-stress effect via modulating the 5-HT and DA activity in mice. *Behavioural Brain Research*, 172: 240-249, 2006
- 29) Fukumoto, S., Morishita, A., et al.: Effect of flavor components in lemon essential oil on physical or psychological stress. *Stress and Health*, 24: 3-12, 2008
- 30) Fukumoto, S., Sawasaki, E., et al.: Flavor components of monoterpenes in citrus essential oils enhance the release of monoamines from rat brain slices. *Nutritional Neuroscience*, 9: 73-80, 2006
- 31) Campeelo, L., Goncalves, M., et al.: Antioxidant activity of citrus limon essential oil in mouse hippocampus. *Pharmaceutical Biology*, 49: 709-715,

- 2011
- 32) Zhou, W., Fukumoto, S., et al.: Components of lemon essential oil attenuate dementia induced by scopolamine. *Nutritional Neuroscience*, 12: 57-64, 2009
- 33) N.M.Kaplan: The deadly quartet. *Arch Intern. Med.*, 149: 1514-1520, 1989
- 34) メタボリックシンドローム診断基準検討委員会: メタボリックシンドロームの定義と診断基準. *日本内科学会雑誌*, 94: 794-809, 2005
- 35) 杉浦 実: 柑橘とメタボリックシンドロームの疫学. *Functional Food*, 1: 68-73, 2007
- 36) Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51: 327-345, 2010
- 37) Miyake, Y., Sakurai, C., et al.: Difference in plasma metabolite concentration after ingestion of lemon flavonoids and their aglycones in humans. *J.Nutr.Sci. Vitaminol.*, 2: 54-60, 2006
- 38) Fukuchi, Y., Hiramitsu, M., et al.: Lemon polyphenols suppress diet-induced obesity by up-regulation of mRNA levels of the enzymes involved in β -oxidation in mouse white adipose tissue. *J. Clin. Biochem.Nutr.*, 43: 201-209, 2008
- 39) Miyake, Y., Suzuki, E., et al.: Lipid-lowering effect of eriocitrin, the main flavonoid in lemon fruit, in rats on a high-fat and high-cholesterol diet. *Journal of Food Science*, 71: S633-S637, 2006
- 40) Terpstra, A.H.M., Lapre, J.A., et al.: The hypocholesterolemic effect of lemon peels, lemon pectin, and the waste stream material of lemon peels in hybrid F,B hamster. *Eur. J. Nutr.*, 41: 19-26, 2002
- 41) Terpstra, A.H.M., Lapre, J.A. et al.: Dietary pectin with high viscosity lowers plasma and liver cholesterol concentration and plasma cholesteryl ester transfer activity in hamster. *J. Nutr.*, 128: 1944-1949, 1998
- 42) 白田美香, 桜井智香ほか: レモンの食後高脂血症抑制作用の検討. *日本未病システム学会雑誌*, 10: 62-62, 2004
- 43) Minato, K., Miyake, Y., et al.: Lemon flavonoid, eriocitrin, suppresses exercise-induced oxidative damage in rat. *Life. Sci.*, 72: 1609-1616, 2003
- 44) Miyake, Y., Yamamoto, K., et al.: Protective effects of lemon flavonoids on oxidative stress in diabetic rats. *Lipids*, 33: 689-695, 1998
- 45) 桜井智香, 宇都春美ほか: レモンフラボノイドのヒト LDL 被酸化能に関する検討. *日本未病システム学会雑誌*, 9: 239-242, 2003
- 46) 近藤和雄, 平田悠美子: 動脈硬化と機能性食品. *Functional Food*, 2: 121-126, 2008
- 47) 谷真理子, 近藤和雄ほか: レモンフラボノイドはホモシステインによる単球の炎症反応を抑制する. *肥満研究*, 15Suppl.: 253, 2009
- 48) 谷真理子, 吉田雅幸ほか: レモンフラボノイドの血管内皮細胞に対する単球接着抑制作用. *肥満研究*, 14Suppl.: 279, 2008
- 49) Miyake, Y., Mochizuki, M., et al.: Isolation of antioxidative phenolic glucosides from lemon juice and their suppressive effect on the expression of blood adhesion molecules. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 71: 1911-1919, 2007
- 50) 蔵田 英明, 町田 尚子: MMP (Matrix Metalloproteinase) と機能性食品. *Functional Food*, 2: 176-187, 2008
- 51) 隈元浩康, 松原善治ほか: レモン果汁中のフラボノイド配糖体の構造および血圧降下作用. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 58: 137-143, 1984
- 52) 隈元浩康, 松原善治ほか: レモン果汁中のフラボノイド配糖体の構造および血圧降下作用 (その2) *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 59: 677-682, 1985
- 53) Miyake, Y., Kuzuya, K., et al.: Suppressive effect of components in lemon juice on blood pressure in spontaneous hypertensive rats. *Food Sci.Technol.Int Tokyo*, 4: 29-32, 1998
- 54) 堂本時夫, 石原克秀ほか: 日常的なレモン摂取によるメタボリックシンドローム関連指標への影響. *Health Sciences*, 26: 210-218, 2010
- 55) 前田和久, 舟橋徹: メタボリックシンドロームとアデイポサイトカイン. *Functional Food*, 1: 34-39, 2008
- 56) 梶本修身, 三枝裕昭ほか: レモンクエン酸の疲労感軽減効果, *Jpn.Pharmacol.Ther. (薬理と治療)* 35: 821-828, 2007
- 57) 梶本修身, 三枝裕昭ほか: 「レモンクエン酸配合飲料」の疲労を感じやすい健康者における抗疲労作用, *Jpn.Pharmacol.Ther. (薬理と治療)* 35: 809-819, 2007
- 58) Tomohiro, S., Aoyagi, S.; Effects of citric acid and L-carnitine on physical fatigue. *J.Clin.Biochem.Nutr.*, 41: 224-230, 2007
- 59) 三宅義明, 山本兼史ほか: ヒトにおけるレモン果汁およびクエン酸摂取が運動後の血中乳酸濃度の及ぼす影響. *日本栄養・食糧学会誌*, 54: 29-33, 2001
- 60) Lacour, B., Tardivel, S., et al.: stimulation by citric acid of calcium and phosphorous bioavailability in rats fed a calcium-rich diet. *Miner. Electrolyte Metab.*, 23, 79-87, 1997
- 61) Pak, C.Y.C., Harvey, J.A., et al.: Enhanced calcium bioavailability from a solubilized form of calcium citrate. *Journal of Clinical Endocrinology and*

- Metabolism 65: 801-805, 1987
- 62) Miller, J.Z., Smith, D.L., et al.: Calcium absorption from calcium carbonate and a new form of calcium (CCM) in healthy male and female adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.*, 48: 1291-1294, 1988
- 63) Nii, Y., Osawa, T., et al.: Effect of Citrus Fruit (*Sudachi*) Juice on Absorption of Calcium from Whole Small Fish in Healthy Young Men. *Food Sci. Technol. Res.*, 12: 27-30, 2006
- 64) Kochanowski, B.: Effect of calcium citrate-malate on skeletal development in young, growing rats. *J.Nutr.*, 120: 876-881
- 65) Conte, A., Speranza, B., et al.: Effect of lemon extract on foodborne microorganisms. *Journal of Food Protection*, 70: 1896-1900, 2007
- 66) Kislal, Duygu: Effectiveness of Lemon Juice in the Elimination of *Salmonella Typhimurium* in Stuffed Mussels, *Journal of Food Protection*, 70: 2847-2850, 2007
- 67) Sengun, I.Y.: Effectiveness of lemon juice, vinegar and their mixture in the elimination of *Salmonella typhimurium* on carrots. *International Journal of Food Microbiology*, 96: 301-305, 2004
- 68) Corbo, M.R., Speranza, B., et al.: Natural compounds to preserve fresh fish burgers *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 2021-2027, 2009
- 69) Gammariello, D., Conte, A., et al.: Assessment of chitosan and extracts of lemon and sage as natural antimicrobial agents during Fior di latte cheesemaking. *International Journal of Dairy Technology*, 63: 530-538, 2010
- 70) Fisher, K. and Phillips, C.A.: The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems. *Journal of Applied Microbiology*, 101: 1232-1240, 2007
- 71) Midorikawa, Y., Newton, P., et al.: A phenomenon useful for the detection of *Salmonella* implementing a device from citrus extracts. *Tropical Medicine and Health*, 37: 115-120, 2009

The trend of research for the relevance of *Citrus limon* for health

Tokio DOMOTO

Department of Nursing, Faculty of Health and Welfare, Prefectural University of Hiroshima

Abstract

Hiroshima prefecture as a leading representative of the lemon producing regions promotes to raise the commercial value of the lemon for the fresh products market and food industry.

The beneficial effects of the dietary lemon can be attributed not only to the vitamin C, essential oils and organic acids, but also to the antioxidant activity of their flavonoids. Recently, several studies highlighted lemon as an important health-promoting fruit rich in phenolic compounds. This review focuses on the relevance of *Citrus limon* for nutrition and health, bringing an overview of what is published on the bioactive compounds of this fruit.

Key words : lemon, citric acid, lemon polyphenol, metabolic syndrome