昭和41年2月7日　第3種郵便物認可　2000年6月1日発行／通巻508号　毎月1回1日発行

ISSN 0911-3932

up-to-date food processing

食品と開発

VOL.35

6

2000－NO.6

特集／ポリフェノールの機能性と利用

■植物ポリフェノールの機能性と安全性　国立健康・栄養研究所　石見佳子

■植物フラボノイドの最新機能研究　静岡県立大学　下位香代子、木苗直秀

■ブドウ種子ポリフェノール（プロアントシアニジン）の有効性
キッコーマン㈱　有井雅幸

■ユーカリポリフェノールの機能性とその利用
長岡香料㈱　杉本圭一郎、中川一弥、林　收一

■アムラ果実の機能性及びその現状について　稲畑香料㈱　松村晋一

分析・計測技術　最新の栄養成分分析技術　編集部

支援技術　食品産業の粉粒体技術　編集部

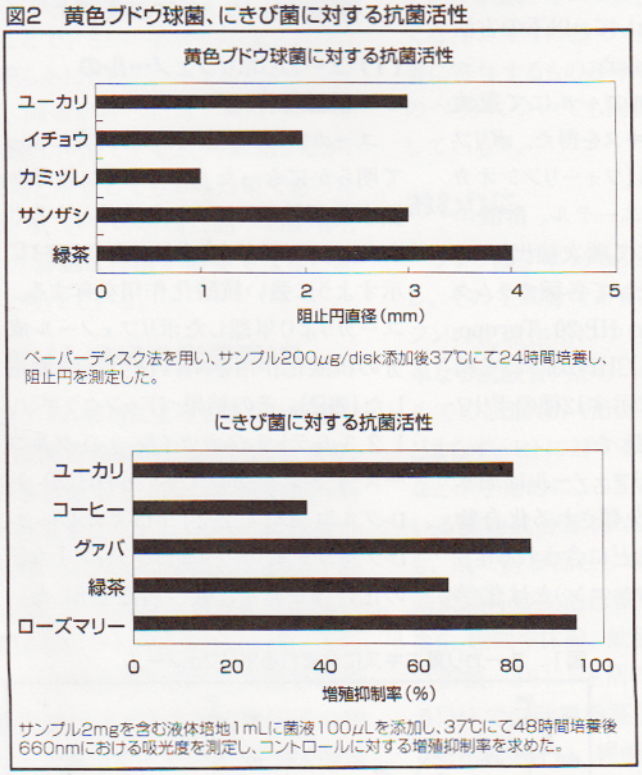
HACCP対策　食品産業における異物混入対策　編集部

表2　ユーカリ由来ポリフェノールの生理活性

化合物名	分子量	活性酸素消去活性	チロシナーゼ阻害活性	ヒアルロニダーゼ阻害活性
		EC_{50} (μM)	IC_{50} (mM)	IC_{50} ($\times 10^2$ μM)
ペドゥンクラギン(1)	784.6	0.18	0.48	2.0
テリマグランディンⅠ(2)	786.6	0.34	0.11	1.2
テリマグランディンⅡ(3)	938.7	0.74	0.35	0.79
ヘテロフィリインA(4)	786.6	0.35	0.30	1.2
1,3-ジ-*O*-ガロイル-4,6-HHDP-β-D-グルコース(5)	786.6	0.22	0.35	1.0
1,2,4-トリ-*O*-ガロイル-β-D-グルコース(6)	636.5	0.25	0.95	2.1
1,2,3,6-テトラ-*O*-ガロイル-β-D-グルコース(7)	788.6	0.18	0.32	0.47
1,2,4,6-テトラ-*O*-ガロイル-β-D-グルコース(8)	788.6	1.6	0.59	0.92
ペンタガロイルグルコース(9)	940.7	0.98	0.24	0.74
イソクェルシトリン(10)	464.4	2.9	>1.00	1.5
エラグ酸(11)	302.2	2.7	>1.00	6.3
没食子酸(12)	170.1	1.2	>1.00	6.8
ビタミンC(コントロール)	176.1	2.6	0.31	inactive

活性酸素消去活性はXanthine-XOD系にて発生したO_2^-ラジカル消去活性をNBT法[4]により測定した。チロシナーゼ阻害活性はMasonらの方法[5]に従い、L-ドーパを基質として測定した。ヒアルロニダーゼ阻害活性はKakegawaらの方法[6]に従って測定した。

図2　黄色ブドウ球菌、にきび菌に対する抗菌活性



ペーパーディスク法を用い、サンプル200μg/disk添加後37℃にて24時間培養し、阻止円を測定した。

サンプル2mgを含む液体培地1mLに菌液100μLを添加し、37℃にて48時間培養後660nmにおける吸光度を測定し、コントロールに対する増殖抑制率を求めた。

(2)ユーカリポリフェノールの皮膚保全作用

ユーカリ葉エキスとそのポリフェノール成分についてさらに検討を重ね、チロシナーゼ阻害活性、ヒアルロニダーゼ阻害活性、抗菌活性などの生理活性を有することが判明した。

〈チロシナーゼ阻害活性〉

チロシナーゼはメラニン合成に関わる酵素であり、美白効果を評価する際、メラニン生成抑制効果の指標の1つとしてチロシナーゼ阻害活性が測定されてきた。また、チロシナーゼは食品などの品質劣化にも関与するといわれており、チロシナーゼ阻害活性物質は品質保持にも有効である。

ユーカリ葉抽出物は非常に強い阻害活性を有し、活性成分のうちテリマグランディンⅠの活性が最も強かった。ほかにペンタガロイルグルコース、ヘテロフィリインA、1,2,3,6-テトラ-*O*-ガロイル-β-D-グルコースなどが活性成分であることが確認された(表2)。

〈ヒアルロニダーゼ阻害活性〉

ヒアルロニダーゼは皮膚の保湿成分であるヒアルロン酸を加水分解する酵素であり、起炎作用も有する。その酵素活性は抗炎症剤や抗アレルギー剤により阻害されることが報告されており、ヒアルロニダーゼを阻害することで抗アレルギー効果や皮膚の保湿・保全効果が期待できる。

ユーカリ葉抽出物は強いヒアルロニダーゼ阻害活性を有し、活性成分として、1,2,3,6-テトラ-*O*-ガロイル-β-D-グルコース、ペンタガロイルグルコース、テリマグランディンⅡ、1,2,4,6-テトラ-*O*-ガロイル-β-D-グルコースなどが確認された(表2)。

また、近年ユーカリ葉エキスの抗アレルギー効果[7,8]や皮膚保全作用[9]に関する報告が多く見られるようになった。これらの分野に関する応用研究はますます盛んになっていくであろうと考えられる。

表3　飼料組成

	コントロール群	ユーカリ群
カゼイン	170	170
スクロース	700	700
ビタミン類	10	10
ミネラル類	40	40
塩化コリン	2	2
メチオニン	3	3
大豆油	30	30
結晶セルロース	45	35
ユーカリ葉エキス	0	10
合　計	1000	1000

〈黄色ブドウ球菌、にきび菌に対する抗菌活性〉

ユーカリ葉エキスについて抗菌活性を測定したところ、吹き出物などの原因である黄色ブドウ球菌(*Staphylococcus aureus* IFO14462)、にきび菌(*Propionibacterium acnes* JCM6425)に対する抗菌効果が見られた(図2)。

4. ユーカリポリフェノールの機能性(*in vivo*試験)

(1)ユーカリポリフェノールの抗肥満作用

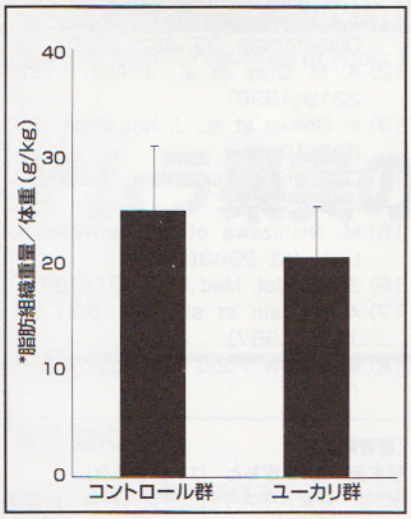
肥満は体脂肪の過剰な蓄積によって生じ、特に内臓脂肪型肥満は生活習慣病、循環器系疾患など多くの疾病のリスクファクターとされている。冒頭で述べたように、ユーカリ葉エキスは南米、アフリカにおいて伝統的に糖尿病予防に用いられ、また抗糖尿病作用に関していくつか報告例があるが[10~12]、肥満に関してはほとんど研究がなされていない。そこでラットを用いた長期飼育実験をおこない、ユーカリ葉エキスの抗肥満作用について検討した。

7週齢のWistar系ラットを1週間予備飼育後、8週齢より実験を開始した。コントロール群5匹とユーカリ群4匹に分け、8週間個別飼育した。表3の飼料を与え、飼料と水は自由摂取とした。実験終了後心臓より採血をおこない、解剖して副睾丸周辺脂肪組織重量などを測定した。実験中ユーカリ群とコントロール群で摂食量に差は見られなかった。剖検の結果、各群とも奇形その他の異常を一切認めなかった。

〈内臓脂肪蓄積抑制効果〉

内臓脂肪蓄積量について検討するため、実験終了後ラットの副睾丸周辺脂肪組織を摘出し、その重量を測定した。各群の体重1kg当たりの脂肪組織重量を図3に示す。ユーカリ群はコントロール群に比べて脂肪の蓄積が抑制さ

図3　内臓脂肪蓄積抑制作用



*体重1kgあたりの副睾丸周辺脂肪組織重量

図4　肝臓中トリグリセリド蓄積抑制作用

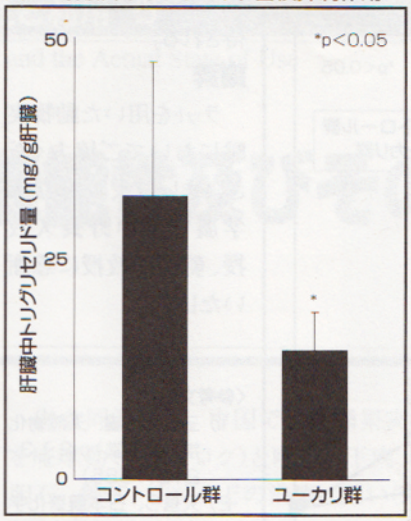
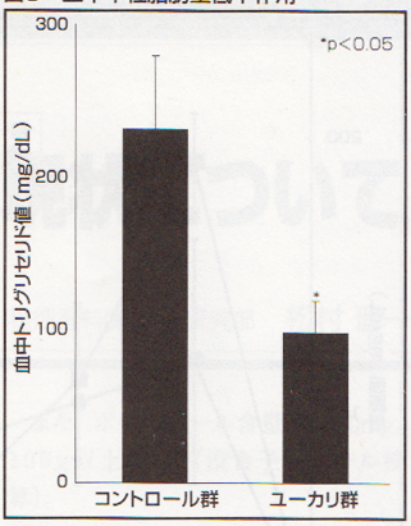


図5　血中中性脂肪量低下作用



れていることが確認された。内臓脂肪の蓄積を抑制することで、肥満由来の疾病を予防することが示唆される。

〈肝臓脂肪蓄積抑制効果〉

高カロリー食を摂りつづけると、肝臓内にて大量の中性脂肪（トリグリセリド）が生合成される。過剰な中性脂肪は肝臓中に蓄積され、やがて脂肪肝から肝硬変に進行する危険性がある。実験終了後ラットの肝臓を摘出し、処理後常法により肝臓中トリグリセリド量を測定した（図4）。ユーカリ群はコントロール群に比べて著しく肝臓中の脂肪蓄積が抑制されていた。この結果からカロリー過剰摂取による脂肪肝などの予防効果が示唆される。

〈血中中性脂肪量低下作用〉

血中中性脂肪濃度が高い状態が続くと高脂血症、インシュリン感受性低下、高血圧、動脈硬化、血栓などの疾病を引き起こす。実験終了後心臓より採血した血液のトリグリセリド量を測定した（図5）。その結果、ユーカリ葉エキスは血中中性脂肪濃度の上昇を抑制した。ユーカリ葉エキスはこれらの疾病予防に効果があることが示唆される。

〈血中コレステロール量低下作用〉

血中コレステロール濃度の上昇は動脈硬化、血栓などの疾病を引き起こす。実験終了後心臓より採血した血液のコレステロール量を測定した（図6）。その結果、ユーカリ葉エキスは血中コレステロール濃度の上昇を抑制した。ユーカリ葉エキスはこれらの疾病予防に効果があることが示唆される。

〈体重増加抑制効果〉

また、ユーカリ群はコントロール群に

図6　血中コレステロール量低下作用

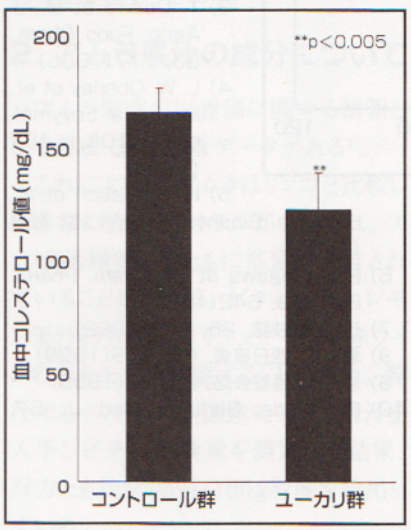
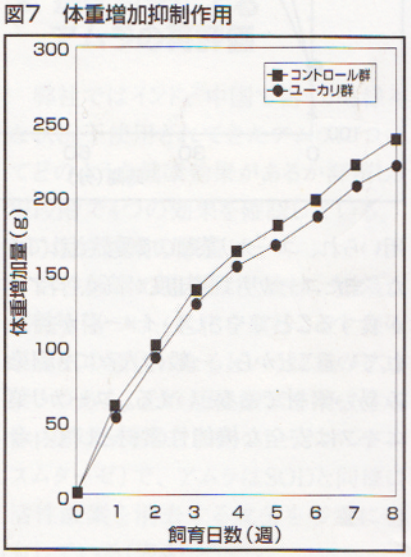


図7　体重増加抑制作用



比べて体重増加の抑制作用が認められ、その抑制率は7.5％であった（図7）。これは蓄積脂肪量の差により生じたものと考えられる。

(2)ユーカリポリフェノールの食後血糖値上昇抑制作用（糖負荷試験）

急激な血糖値変化はインシュリン分泌系に悪影響を与え、糖尿病を惹起し、その症状を亢進させる。血糖値の急激な上昇を抑制することで糖尿病予防効果が期待できる。一晩絶食させたラットに、ゾンデを用いてユーカリ葉エキスを1g/kg体重の割合で投与した。10分後にスクロースを2g/kg体重で投与し、尾静脈より採血し、その血糖値を測定した（図8）。その結果、30分後においてユーカリ群はコントロール群に対して血糖値の上昇を抑制した。

最近になってユーカリ葉エキスの抗高血糖作用に関する研究報告があり[12]、インシュリン分泌促進作用などにより血糖値の上昇を抑え、糖尿病予防効果が期待されると報告されている。これらの結果より、ユーカリ葉エキスの糖尿病予防効果が示唆される。

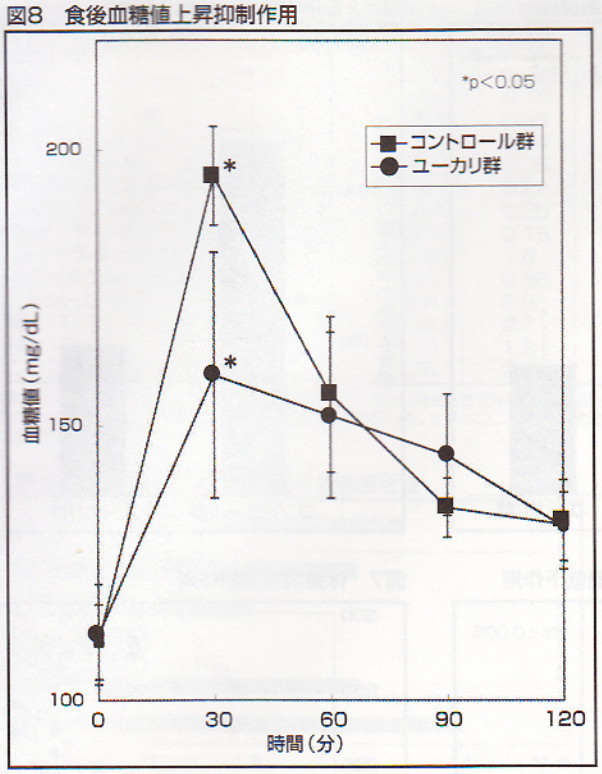
また、糖負荷試験の結果より、ユーカリ葉エキスの抗肥満作用が消化酵素の阻害やトランスポーター阻害などの作用による過剰な糖分の吸収阻害によって生じたことが推定された。

5. まとめ

以上のように、ユーカリ葉には加水分解性タンニンなどを主要成分とするポリフェノールが多く含まれ、本稿で紹介した生理機能のほかにも抗菌活性[13]、抗ウィルス活性[14, 15]、抗う蝕効果[16]、抗変異原性[17]などの報告がありその生理作用は多彩である[18]。多くの研究者がユーカリの機能性に注目しており、その機能性研究はますます盛んになっていくであろうと考えられる。

ユーカリ葉は民間療法として古くから

図8　食後血糖値上昇抑制作用



用いられ、ユーカリ茶として愛飲されてきた。またユーカリは認知度が高く、コアラが食することでやさしいイメージが持たれていることから、一般の人々にも馴染み易い素材であるといえる。ユーカリ葉エキスは安全な機能性素材として、今後のさらなる発展が期待される。

謝辞

ラットを用いた動物実験においてご協力くださいました大阪府立大学農学部中野長久教授、乾博助教授に感謝いたします。

〈参考文献〉

1) 三橋博ら編、天然物化学（南江堂）p213-218(1985)
2) 天倉ら、日本農芸化学会1998年度大会講演要旨集, p63(1998)
3) T. Osawa et al., J. Agric. Food Chem., 33, 777(1985)
4) L. W. Oberley et al., Methods Enzymology, 105, 457(1984)
5) H. S. Mason et al., Biochem. Biophys. Acta, 111, 134(1965)
6) H. Kakegawa et al., Chem. Pharm. Bull., 33, 642(1985)
7) 辻ら、粧技誌, 25, 246(1992)
8) 塚本ら、西日皮膚, 61, 515(1999)
9) 京谷ら、香粧会誌, 23, 83(1999)
10) G. Faulds, Glasgow Med. J., 57, 342-348(1902)
11) S. K. Swanston-Flatt et al., Diabetologia, 33, 462(1990)
12) A. M. Gray et al., J. Nutr., 128, 2319(1998)
13) K. Osawa et al., J. Nat. Prod., 59, 823(1996)
14) Q. Cheng et al., J. Org. Chem., 53, 4562(1988)
15) M. Nishizawa et al., Tetrahedron Lett., 33, 2983(1992)
16) 大澤ら、Nat. Med., 52, 32(1998)
17) A. K. Jain et al., Curr. Sci., 56, 1266(1987)
18) 衛藤、New Food Industry, 42, 9(2000)

〈著者略歴〉

杉本圭一郎（すぎもと　けいいちろう）
98年　近畿大学大学院工学研究科博士前期課程修了
　　長岡香料㈱入社
現在　技術開発研究所所属

中川一弥（なかがわ　かずや）
89年　近畿大学理工学部応用化学科卒業
　　長岡香料㈱入社
現在　技術開発研究所第四応用開発室室長

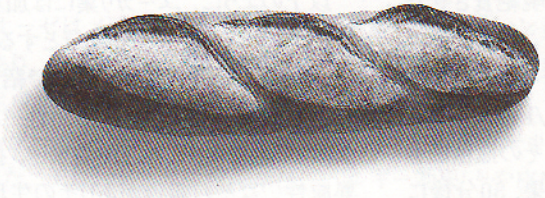
林　收一（はやし　しゅういち）
87年　大阪大学大学院工学研究科修士課程修了
94年　長岡香料㈱入社
97年　近畿大学大学院工学研究科博士後期課程修了
現在　技術開発研究所所長

■HERCULES

GENU

ペーカリー製品用ペクチン

ハーキュリーズ コペンハーゲン社のペクチンは
いろいろなペーカリー製品の品質改良に役立ちます。



スレンディド®100

- 焼き菓子製品中のバターやマーガリンなどの油脂の置き換えによる低脂肪化
- 焼き菓子製品の容積の増大
- 焼き菓子製品のシェルライフの向上

上記以外にもベーカリーグレージングおよびジャムや耐熱性フィリング用のペクチンを各種取りそろえています。

GENUタイプPAN
GENUペクチンタイプBIG

- パン製品の容積の増大
- パン製品のシェルライフの向上
- 冷凍生地の品質と安定性の向上

GENUタイプPANは特に冷凍生地において効果があるように設計しております。

資料請求及びテクニカルサービスについてのお問い合わせは

ハーキュリーズ・ジャパン株式会社
●フードガム事業部
〒106-0044　東京都港区東麻布1-8　泉神谷町ビル
TEL：03-3560-7313
FAX：03-3560-7316

SANSHO 輸入総代理店　三晶株式会社
●ゲニュー部 〒540-0031 大阪市中央区北浜東1-29北浜ビル2号館
TEL：06-941-7271　FAX：06-941-7278
●研究所　〒573-0005 大阪府枚方市池之宮2-4-49
TEL：0720-49-1151　FAX：0720-48-2773