

原 著

カテキン塗工紙の消臭，抗菌および抗ウイルス性

—新型コロナウイルス感染対策商品の開発を目指して—

柏 田 祥 策¹・横 田 博 志¹
国 武 哲 則¹・大 山 浩¹
井 川 博 明¹・伊 賀 瀬 道 也²

要 旨

目的：100%パルプ薄葉紙に緑茶抽出物を塗工したカテキン塗工紙の消臭・抗菌・抗ウイルス性を評価すること。

方法：緑茶抽出物およびカテキン塗工紙に含まれる catechin 類および theaflavin 類の LC/MS 分析を行った。消臭，抗菌および抗ウイルス性の試験はそれぞれ公定法に則り行った。

結果：塗工後1カ月以内のカテキン塗工紙には catechin 類5種が0.11~3.5mg/g, theaflavin 類4種が0.00006~0.00028mg/g含まれており合計濃度は7.6±0.20mg/gであった。また塗工後1年経過したカテキン塗工紙に含まれる catechin 類および theaflavin 類の濃度も同様であり殆ど変化はなく，合計濃度は7.6±0.24mg/gであった。カテキン塗工紙は，高いアンモニア消臭性（24時間で消臭率90%以上），黄色ブドウ球菌および大腸菌に対する高い抗菌性（抗菌活性値それぞれ5.9および6.4），さらに鳥インフルエンザウイルス，インフルエンザウイルスA型および新型コロナウイルス（デルタ株およびオミクロン株）に対する高い抗ウイルス性（ M_v 値それぞれ ≥ 5.47 ， ≥ 2.82 ， ≥ 4.33 および ≥ 4.24 ）を示した。

結論：消臭，抗菌および抗ウイルス性があるカテキン塗工紙は，衛生用品材料として期待できる。

1：カミ商事株式会社 開発企画部

2：愛媛大学大学院医学系研究科 抗加齢医学（新田ゼラチン）講座

責任著者連絡先：カミ商事株式会社 開発企画部 柏田祥策

〒799-0404 愛媛県四国中央市三島宮川1丁目2番27号

E-mail : shosaku.kashiwada@ellemoi.co.jp

キーワード：インフルエンザウイルス，カテキン，抗ウイルス，抗菌，消臭，新型コロナウイルス，鳥インフルエンザウイルス

緒言

カテキン (catechin) は、ポリフェノールと呼ばれるフラボノイド化合物に分類され、クマリン酸 CoA とマロニル CoA が重合して生成するカルコンに由来する植物性二次代謝産物であり^{1)~3)}、その酸化重合反応によって生成するタンニン⁴⁾は茶の苦味成分として知られている。カテキンには多くの誘導体や鏡像異性体が存在している。例えば、catechin (以下 C と略記) の鏡像異性体 epicatechin (EC)、そのヒドロキシ体の (-) epigallocatechin (EGC)、没食子酸エステル体の (-) epicatechin gallate (ECG) および (-) epigallocatechin gallate (EGCG) は、主要な catechin 類である。そのほかに polyphenol oxidase による酸化重合 (反応としては発酵) によって生成される theaflavin 類、例えば theaflavin (TF)、theaflavin 3-O-gallate (TF3G)、theaflavin 3'-O-gallate (TF3'G)、theaflavin 3,3'-di-gallate (TFDG) などが存在している。

カテキンはもともとインド原産のマメ科アカシア属の低木 *Acacia catechu* から発見されたが⁵⁾、現在では茶由来のカテキンの方がよく知られている。茶カテキンは、緑茶、紅茶、ウーロン茶などに含まれる。これらの茶飲料は、腫瘍、循環器疾患、代謝疾患、神経疾患および感染症の予防を含むヒトの健康に有益な効果を与えることが知られている^{6)~8)}。また茶のもつ消臭性および抗菌性も同様によく知られているが、これらの効能は茶カテキンのもつ抗酸化作用に由来するとされている⁹⁾。さらに最近では茶カテキンには病原性ウイルスに対する不活性化作用が知られるようになり^{10)~12)}、緑茶由来のカテキン誘導体や紅茶由来の theaflavin 類が *in vitro* で新型コロナウイルスを不活性化することが報告¹³⁾ されている。その研究によると、カテキンの代表格である EGCG は新型コロナウイルスを顕著に不活性化する一方で、よりマイナーな theasin-

sin A や TFDG などの theaflavin 類は EGCG よりも高い不活性化を示すと報告されている。

本研究では、緑茶抽出物を薄葉紙に塗工することで開発した「カテキン塗工紙」について、含まれる茶由来成分 (catechin 類および theaflavin 類) の分析を行うとともに、その機能について、消臭性、抗菌性および抗ウイルス性を評価した。

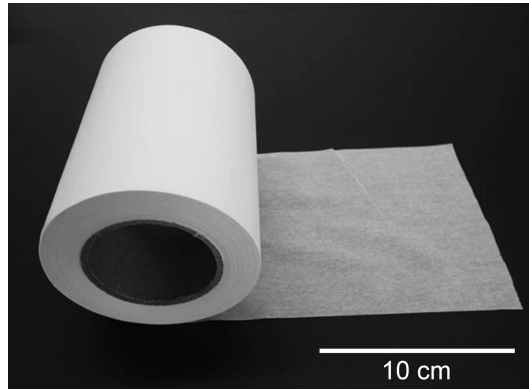
I 材料および方法

1. カテキン塗工紙の製作

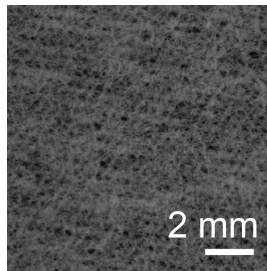
カテキンの原料として高濃度茶抽出物である Polyphenon® CG (三井農林株式会社) を用いた。パルプ100%の薄葉紙 (紙密度 14 g/m², 幅 1100 mm, 長さ 8500 m) に対して、isopropyl alcohol の 50% 水溶液に Polyphenon CG を 5% となるように溶解した Polyphenon CG 溶液をグラビア直接塗工プロセスにて塗工 (深さ 30 μm, 塗工密度 15.6 g/m²-paper, 湿条件) した。塗工後、塗工紙は連続的に乾燥炉内で乾燥 (113°C で 30 秒間) させた後、カテキン塗工紙としてロール状に巻きあげた [写真 1-(a)]。

2. Catechin 類および theaflavin 類の LC/MS 分析

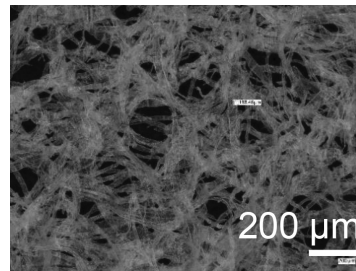
Polyphenon CG およびカテキン塗工紙に含まれる catechin 類および theaflavin 類の濃度は LC/MS 法で定量分析した。Polyphenon CG については、0.1 g の Polyphenon CG に対して 100 mL の methanol を加えた後、超音波処理 (30 秒間) 後、0.2 μm のメンブレンフィルターでろ過して LC/MS 分析の供試液とした。カテキン塗工紙については、塗工後 1 カ月以内のものおよび塗工後 1 年経過したものを供した。1.0 g のカテキン塗工紙に 40 mL の methanol を加えた後、振とう (10 分間) および超音波処理 (30 秒間) を行った。その後、0.2 μm のメンブレンフィルターでろ過して LC/MS 分析の供試液とした。LC/MS 分析の条件は表 1 のとおりである。分析方法を確認するために、Poly-



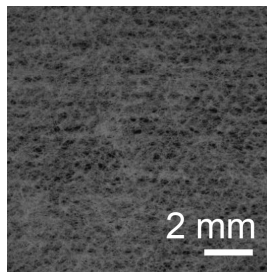
(a) 塗工機で作製したカテキン塗工紙のロール



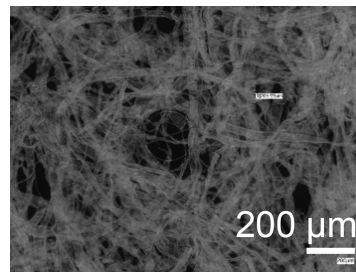
(b) カテキン塗工紙の表面



(c) (b)の拡大図



(d) 非塗工紙の表面



(e) (d)の拡大図

(a)：カテキン塗工紙は淡い黄色味を帯びており、お茶特有の“みどりの香り”をもっていた。
(b)～(e)：デジタルマイクロスコープで観察した結果、カテキン塗工紙の表面は直径200 μm 程度の空隙が多数存在しており、塗工前後で繊維の外観に差は観察されなかった。

写真1 カテキン塗工紙

phenon CGおよびカテキン塗工紙を用いて添加回収率試験を行った。その結果、catechin類およびtheaflavin類の添加回収率は、Polyphenon CGではそれぞれ94～104%および102～114%であり、カテキン塗工紙ではそれぞれ87～102%および63～74%であり、い

れも良好であった。

3. アンモニア消臭試験

一般社団法人繊維評価技術協議会のSEK (Sen-i Evaluation Kino) マーク繊維製品認証規格に準じて消臭試験を行った。カテキン塗工紙（塗工後1カ月以内のもの）またはブラン

表1 LC/MS分析条件

LC装置	Prominence UFLC (株式会社島津製作所製)
分析カラム	L-column® 2 ODS (2.1mm of internal diameter, 150mm of length, 5.0μm of particle diameter, ジーエルサイエンス株式会社製)
LC条件	カラム温度40℃, 移動相A: 0.1%ギ酸および10mM ギ酸アンモニウムの水溶液, 移動相B: acetonitrile, A: B=90: 10 at 0 min to 0: 100 at 20 min, 流速0.2mL/min, 注入量5μL
MS装置, 条件	4500Qtrap (AB Sciex), ESIイオン化法
検出質量数 (Q1/Q3)	catechin (C) (289.0/245.0) epicatechin (EC) (289.0/245.0) (-) epigallocatechin (EGC) (305.0/124.9) (-) epicatechin gallate (ECG) (441.1/168.9) (-) epigallocatechin gallate (EGCG) (457.1/168.9) theaflavin (TF) (563.0/240.8) theaflavin 3-O-gallate (TF3G) (715.0/563.0) theaflavin 3'-O-gallate (TF3'G) (715.1/406.7) theaflavin 3,3'-di-gallate (TFDG) (867.0/696.9)

LC/MS分析の条件を示す。

クとしての非塗工紙 (100cm², 1.0g) を入れたサンプリング用ポリ袋にアンモニウムガス (100ppm) を入れ, 0, 2, 4および24時間後にアンモニウム検知管を用いてアンモニウムガス濃度を測定した。この試験は3連で行った。

4. 抗菌試験

抗菌活性は, ISO 20743: 2021 (Textiles-Determination of antibacterial activity of textile products) に準じて試験した。カテキン塗工紙 (塗工後1カ月以内のもの) (0.4g) を含むバイアル瓶に菌液 (0.2mL, *Staphylococcus aureus* または *Escherichia coli*) を添加し, 37℃で18時間培養した後, 20mLのリンス液で菌体を洗い出した後, 平板希釈法で生菌数をカウントした。ブランクとして標準綿織物を使用した。この試験は3連で行った。抗菌性を示す抗菌活性値は, 式1で算出した。なお抗菌活性は, 数値が ≥ 2.0 である場合を「有効」としている。

5. 抗ウイルス性試験

抗ウイルス性は, ISO18184 (Textiles-Determination of antiviral activity of textile

products) に準じて試験した。バイアル瓶に0.4gのカテキン塗工紙 (塗工後1カ月以内のもの) を入れ, 0.2mLのウイルス液 (新型コロナウイルスのデルタ株またはオミクロン株, またはインフルエンザウイルスA型) を加え, 25℃で2時間培養を行った。20mLのリンス液でウイルスを洗い出した後, プラーク測定法によりリンス液のウイルス感染価 (PFU/0.4g-paper) を測定した。ブランクとして非塗工紙を使用した。一方で, 鳥インフルエンザウイルスを用いた抗ウイルス性試験は以下のとおりである。カテキン塗工紙0.2gに0.4mLのウイルス液を添加し, 25℃で10分間培養後, Reed-Muench法を用いてウイルス感染価 (EID50/0.2g-paper) を測定した¹⁴⁾。この試験は3連で行った。

抗ウイルス活性値 (M_v) は, 式2で算出した。ISO 18184付属書Gによると, 抗ウイルス活性値は, $3.0 > M_v \geq 2.0$ のとき「小さい効果」, $M_v \geq 3.0$ のとき「十分な効果」と評価される。

$$\text{抗菌活性値 (A)} = (\log C_t - \log C_0) - (\log T_t - \log T_0)$$

logC_t : 18時間培養後の対照布 (ブランク) の生菌数の常用対数

logC₀ : 接種直後の対照布 (ブランク) の生菌数の常用対数

logT_t : 18時間培養後の試験布 (カテキン塗工紙) の生菌数の常用対数

logT₀ : 接種直後の試験布 (カテキン塗工紙) の生菌数の常用対数

式1

$$Mv = \log (Vb) - \log (Vc)$$

log (Vb) : ブランクにおける2時間後のウイルス感染価の常用対数値 (平均値)

log (Vc) : カテキン塗工紙における2時間後のウイルス感染価の常用対数値 (平均値)

式2

表2 Polyphenon CGおよびカテキン塗工紙に含まれるcatechin類およびtheaflavin類のLC/MS分析結果

catechin類およびtheaflavin類	Polyphenon CG		カテキン塗工紙 (塗工後1カ月以内)		カテキン塗工紙 (塗工後1年経過)		ブランク (非塗工紙)	
	濃度 (mg/g)	S.D. (mg/g)	濃度 (mg/g)	S.D. (mg/g)	濃度 (mg/g)	S.D. (mg/g)	濃度 (mg/g)	S.D. (mg/g)
catechin (C)	3.0	0.02	0.11	0.003	0.12	0.008	N.D.	N.A.
epicatechin (EC)	13	0.1	0.54	0.002	0.54	0.014	N.D.	N.A.
(-) epigallocatechin (EGC)	83	0.2	2.7	0.10	2.6	0.00	N.D.	N.A.
(-) epicatechin gallate (ECG)	22	0.5	0.73	0.03	0.75	0.005	N.D.	N.A.
(-) epigallocatechin gallate (EGCG)	120	0.9	3.5	0.06	3.6	0.21	N.D.	N.A.
theaflavin (TF)	0.013	0.0007	0.00028	0.000007	0.00028	0.000024	N.D.	N.A.
theaflavin 3-O-gallate (TF3G)	0.0068	0.00005	0.00013	0.000001	0.0001	0.000008	N.D.	N.A.
theaflavin 3'-O-gallate (TF3'G)	0.0053	0.00007	0.00010	0.000001	0.00006	0.000012	N.D.	N.A.
theaflavin 3,3'-di-gallate (TFDG)	0.0043	0.00018	0.00006	0.000005	0.00005	0.000005	N.D.	N.A.
合計	241.0	1.7	7.6	0.20	7.6	0.24	N.D.	N.A.

検出下限値 : 0.02mg/g (C, EC, EGC, ECGおよびEGCG), 0.00004mg/g (TF, TF3G, TF3'GおよびTFDG)
S.D. : standard deviation (標準偏差), N.D. : not detected (検出されず), N.A. : not available (不能)

LC/MS分析の結果, Polyphenon CGは, catechin類をtheaflavin類よりも多く含み, 両者の合計濃度は241.0±1.7mg/g (±標準偏差) であり, Polyphenon CGの重量比として24.1%であった。

II 結果

1. カテキン塗工紙

カテキン塗工紙は淡い黄色味を帯びており, お茶特有の“みどりの香り”をもっていた [写真1-(a)]。この香りは塗工後1年経過したものでも同様であった。デジタルマイクロスコープ (VHX-8000, 株式会社キーエンス) で観察した結果, カテキン塗工紙の表面は直

径200μm程度の空隙が多数存在しており, 塗工前後で繊維の外観に差は観察されなかった [写真1-(b)~(e)]。

2. LC/MSによるcatechin類およびtheaflavin類の定量分析

LC/MS分析の結果, Polyphenon CGは, catechin類をtheaflavin類よりも多く含み, 両者の合計濃度は241.0±1.7mg/g (±標準偏差, 以下同) であり (表2), Polyphenon CGの重

量比として24.1%であった。一方、カテキン塗工紙からも catechin 類および theaflavin 類が同様に検出され、catechin 類の濃度は theaflavin 類よりも高かった。Catechin 類の濃度は、EGCG > EGC > ECG > EC > C の順で高く、theaflavin 類は TF > TF3G > TF3'G > TFDG の順で高濃度であった。塗工後1カ月以内のカテキン塗工紙では、catechin 類および theaflavin 類の合計濃度はそれぞれ 7.58 mg/g および 0.00057 mg/g であり、両者の合計濃度は 7.6 ± 0.20 mg/g であった。また塗工後1年経過したカテキン塗工紙に含まれる catechin 類および theaflavin 類の濃度も同様であり殆ど変化はなく、両者の合計濃度は 7.6 ± 0.24 mg/g であった (表2)。

3. カテキン塗工紙の機能

アンモニア消臭試験の結果、カテキン塗工紙は試験開始2時間でアンモニウム濃度を 100 ppm から 19.3 ppm にまで低下させ、さらに24時間では 9.2 ppm にまで低下させ、90%以上の消臭率を示した。一方、非塗工紙では試験開始2時間で 80.0 ppm、24時間では 69.4 ppm までの減少に止まり、カテキン塗工紙は高い消臭性を示した [図1-(a)]。

またカテキン塗工紙の黄色ブドウ球菌および大腸菌に対する抗菌試験においては、非塗工紙におけるそれぞれの細菌数は $10^{7.2}$ および $10^{7.7}$ であった (18時間後) のに対して、カテキン塗工紙ではともに $10^{1.3}$ にまで減少していた [図1-(b)]。カテキン塗工紙の黄色ブドウ球菌および大腸菌に対する抗菌活性値は、それぞれ 5.9 および 6.4 であり、顕著な抗菌性を示した。

さらに抗ウイルス性については、鳥インフルエンザウイルス、インフルエンザウイルス A 型、新型コロナウイルス (デルタ株) および同ウイルス (オミクロン株) に対して抗ウイルス性を示した。抗ウイルス性を示す M_v (抗ウイルス活性値) はそれぞれ ≥ 5.47 , ≥ 2.82 , ≥ 4.33 および ≥ 4.24 であった (表3)。 M_v は

$M_v \geq 3.0$ のとき「十分な効果」と評価されるため、カテキン塗工紙は高い抗ウイルス性をもつことが理解できる。これは具体的には、感染力のあるウイルスがカテキン塗工紙に接触した場合、鳥インフルエンザウイルスについては10分間で約30万分の1、インフルエンザウイルス A 型、新型コロナウイルス (デルタ株) および同ウイルス (オミクロン株) についてはそれぞれ2時間で約660分の1、約2.1万分の1および約1.7万分の1に低下することを意味している。

III 考 察

元来お茶は健康に良いとされており、catechin 類や theaflavin 類を含む茶ポリフェノール類には健康増進効果が期待されている。動物やヒト培養細胞を用いた実験でも、心血管疾患、がん、神経変性疾患、糖尿病または骨粗鬆症の予防におけるポリフェノールの機能が報告¹⁵⁾されている。ポリフェノールの中でも、catechin 類に属するフラボノイド化合物の多くは、細胞シグナル伝達の調節に関連しており、フラボノイド化合物は *in vitro* および *in vivo* の動物モデルにおいて抗炎症、抗血栓、抗糖尿病、抗がんおよび神経保護機能を示すことが知られている¹⁶⁾。一方、catechin 類および theaflavin 類には高い抗酸化作用^{17)~20)}による消臭性²¹⁾²²⁾、抗菌性^{23)~26)}、抗ウイルス性²⁶⁾があることもよく知られている。しかしながら消臭性に関する研究は、抗菌性に関する研究に比べて非常に限定的である。Kida ら²²⁾は、茶カテキンがエチルアミンに対して、EGCG > gallic acid > EGC > ECG > ethyl gallate > > C = EC の順で消臭性を示すが、ジメチルアミンやトリメチルアミンに対しては全く消臭性を示さないことを報告している。本研究では、カテキン塗工紙はアンモニアに対する高い消臭性を示した [図1-(a)]。EGCG と EGC はカテキン塗工紙の主要な catechin 類であることから

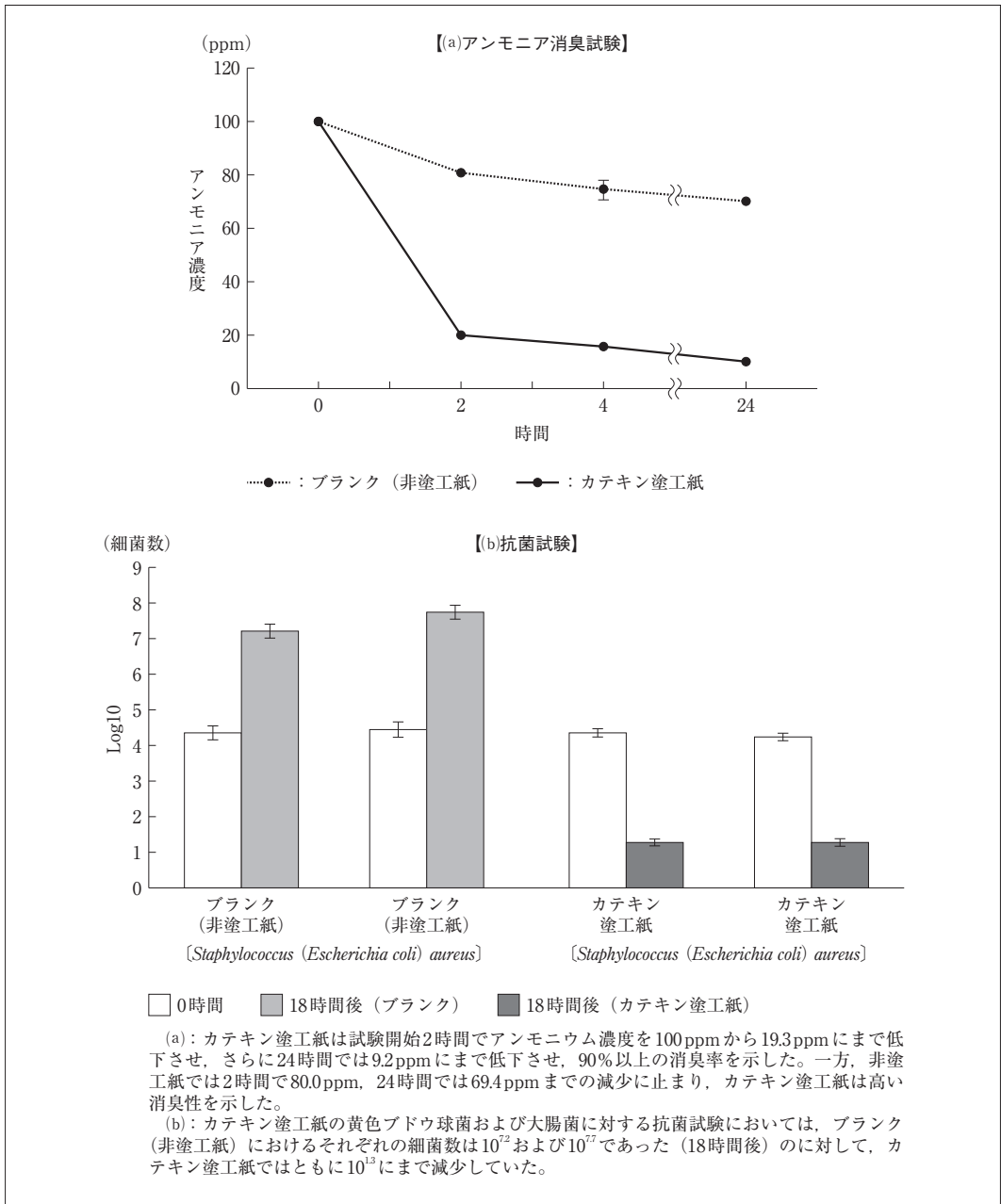


図1 カテキン塗工紙のアンモニア消臭試験の結果(a)および抗菌試験の結果(b)

ら (表2), 本研究で示したアンモニア消臭性はEGCGおよびEGCによるものと推察された。

抗菌性については, Gopalら²³⁾が緑茶抽出catechinの口腔内細菌試料に対する殺菌性を

報告し, Taylorら²⁵⁾はcatechin類の抗菌特性をレビューしてEGCGおよびEGCのグラム陽性およびグラム陰性細菌に対する増殖阻害について報告している。この抗菌作用は, EGCG

表3 カテキン塗工紙の抗ウイルス活性

供試ウイルス		鳥インフルエンザウイルス	インフルエンザウイルスA型	新型コロナウイルス(デルタ株)	新型コロナウイルス(オミクロン株)
試験単位		Log (EID ₅₀ /0.2g paper)	Log (PFU/0.4g paper)	Log (PFU/0.4g paper)	Log (PFU/0.4g paper)
ウイルス感染力 (S.D.)	ブランク (非塗工紙)	6.05 (0.41)	4.12 (0.04)	6.63 (0.15)	6.54 (0.06)
	カテキン塗工紙	≤0.58 (0.14)	<1.30 (N.A.)	<2.30 (N.A.)	<2.30 (N.A.)
抗ウイルス活性値 (Mv)		≥5.47	≥2.82	≥4.33	≥4.24
試験時間		10分間	2時間	2時間	2時間

Mv = Log (0時間目のウイルス感染力) - Log (試験終了時のウイルス感染力)

S.D.: standard deviation (標準偏差), N.A.: not available (不能)

カテキン塗工紙は鳥インフルエンザウイルス, インフルエンザウイルスA型, 新型コロナウイルス(デルタ株) および同ウイルス(オミクロン株) に対して抗ウイルス性を示した。

およびECGが細菌の細胞膜のリン脂質二重膜に割り込んで細菌を破壊することで生ずると考えられ, EGCGおよびECGが細菌の病原性発現に影響すると解説している。本研究でもカテキン塗工紙は, *Escherichia coli* および *Staphylococcus aureus* に対して抗菌性を示しており [図1-(b)], 含有されるEGCGおよびEGCが抗菌性を示したと考えられた(表2)。Friedman²⁶⁾は, CG, ECG, EGCG, TF3Gなどの茶フラビンが *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* などの細菌に対して抗菌性があり, さらに細胞壁をもたない *Mycoplasma pneumoniae* に対しても殺菌性があると報告している。そのためカテキン塗工紙も同様な抗菌性を有すると考えられる。

さらにカテキン塗工紙に含まれるcatechin類やtheaflavin類の濃度は1年経過しても変化せず(表2), カテキン塗工紙は鳥インフルエンザウイルス, インフルエンザウイルスA型および新型コロナウイルス(デルタ型およびオミクロン型) に対して抗ウイルス性を示した(表3)。ポリフェノール類の抗ウイルス作

用のメカニズムは, 抗酸化作用, 酵素阻害, 細胞膜の破壊, ウイルスの宿主細胞への結合および侵入の阻止, 宿主細胞の自己防衛機構の発動などとされている²⁶⁾。そのためカテキン塗工紙においては, 付着したウイルスに対する抗酸化作用による細胞膜の破壊が抗ウイルス性の主要因と考えられた。

このようにカテキン塗工紙は高い機能を有することが判明したが, 特に感染症予防効果に関する実効性の検証が不十分である。今後は, カテキン塗工紙を採用したカテキンマスクなどを作成して, 感染予防効果について疫学的な研究が必要と考えられた。

結 語

極薄のバルブ紙に緑茶抽出物を直接グラビア塗工して, カテキン塗工紙を開発した。LC/MS分析の結果, カテキン塗工紙は, 主にcatechin, epicatechin, (-) epigallocatechin, (-) epicatechin gallate および (-) epigallocatechin gallate を計7.6mg/g含有して, 顕著な消臭, 抗菌および抗ウイルス性を示した。現下我々は新型コロナウイルスの第7波に見舞

われている (2022年7月20日現在)。特にカテキン塗工紙は新型コロナウイルスに対して顕著な抗ウイルス性があるため、カテキン塗工紙を採用したカテキンマスクなどの衛生用品は感染予防対策商品として期待できるため、今後の実証研究が必要である。

<謝辞>

カミ商事株式会社およびカミグループ各社の全社員に感謝いたします。

利益相反

伊賀瀬道也は、カミ商事株式会社と研究開発における監修契約を締結している。

文 献

- 1) Rani A, Singh K, Ahuja PS, Kumar S. Molecular regulation of catechins biosynthesis in tea [Camellia sinensis (L.) O. Kuntze]. *Gene*. 2012 ; **495**(2) : 205-210.
- 2) Punyasiri PAN, Abeysinghe ISB, Kumar V, et al. Flavonoid biosynthesis in the tea plant Camellia sinensis : properties of enzymes of the prominent epicatechin and catechin pathways. *Arch Biochem Biophys*. 2004 ; **431**(1) : 22-30.
- 3) Dewick PM. *Medicinal Natural Products : A Biosynthetic Approach (3rd ed.)*. UK : John Wiley & Sons ; 2009.
- 4) 太田勇夫, 中田典男, 和田光正. 茶葉のポリフェノールオキシダーゼ活性の変異 (第1報) 酵素活性の熟度・葉位・茶期・年度・品種による変異. 茶業研究報告 1968 ; **29** : 62-68.
- 5) Cutch and catechu plant origin. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 5 November 2011.
- 6) Khan N, Mukhtar H. Tea Polyphenols in Promotion of Human Health. *Nutrients*. 2018 ; **11**(1) : 39.
- 7) Ohishi T, Goto S, Monira P, et al. Anti-inflammatory Action of Green Tea. *Antiinflamm Antiallergy Agents Med Chem*. 2016 ; **15** : 74-90.
- 8) D Lorenzo C, Colombo F, Biella S, et al. Polyphenols and Human Health : The Role of Bioavailability. *Nutrients*. 2021 ; **13** : 273.
- 9) 斎藤貴江子. 茶カテキンの特性とその有効利用. 農業および園芸 2018 ; **93**(2) : 108-115.
- 10) Singh BN, Shankar S, Srivastava RK. Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate (EGCG) : Mechanisms, perspectives and clinical applications. *Biochem Pharmacol*. 2011 ; **82** : 1807-1821.
- 11) Xu J, Xu Z, Zheng W. A Review of the Antiviral Role of Green Tea Catechins. *Molecules*. 2017 ; **22** : 1337.
- 12) Ide K, Kawasaki Y, Kawakami K, Yamada H. Anti-influenza Virus Effects of Catechins : A Molecular and Clinical Review. *Curr Med Chem*. 2016 ; **23** : 4773-4783.
- 13) Ohgitani E, Shin-Ya M, Ichitani M, et al. Significant Inactivation of SARS-CoV-2 In Vitro by a Green Tea Catechin, a Catechin-Derivative, and Black Tea Galloylated Theaflavins. *Molecules*. 2021 ; **26** : 3572.
- 14) Reed LJ, Muench H. A simple method of estimating fifty percent endpoints. *The American Journal of Hygiene*. 1938 ; **27** : 493-497.
- 15) Scalbert A, Manach C, Morand C, et al. Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2005 ; **45** : 287-306.
- 16) Flavonoids. Micronutrient Information Center, Linus Pauling Institute, Oregon State University. <https://pi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/flavonoids> (Retrieved 17 July, 2022).
- 17) Leung LK, Su Y, Chen R, et al. Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants. *J Nutr*. 2001 ; **131**(9) : 2248-2251.

- 18) Chen CW, Ho CT. Antioxidant properties of polyphenols extracted from green and black teas. *Journal of Food Lipids*. 1995 ; **2**(1) : 35-46.
- 19) Huang SW, Frankel EN. Antioxidant Activity of Tea Catechins in Different Lipid Systems. *J Agric Food Chem*. 1997 ; **45**(8) : 3033-3038.
- 20) Grzesik M, Naparło K, Bartosz G, Sadowska-Bartosz I. Antioxidant properties of catechins : Comparison with other antioxidants. *Food Chem*. 2018 ; **15**(241) : 480-492.
- 21) Takahashi T, Aso Y, Kasai W, Kondo T. Synergistic deodorant effect and antibacterial activity of composite paper containing waste tea leave. *J Wood Sci*. 2011 ; **57** : 308-316.
- 22) Kida K, Suzuki M, Takagaki A, Nanjo F. Deodorizing Effects of Tea Catechins on Amines and Ammonia. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2002 ; **66**(2) : 373-377.
- 23) Gopal J, Muthu M, Paul D, et al. Bactericidal activity of green tea extracts : the importance of catechin containing nano particles. *Sci Rep*. 2016 ; **6** : 19710.
- 24) Rahardiyan D. Antibacterial potential of catechin of tea (*Camellia sinensis*) and its applications. *Food Research*. 2019 ; **3**(1) : 1-6.
- 25) Taylor PW, Hamilton-Miller JMT, Stapleton PD. Antimicrobial properties of green tea catechins. *Food Sci Technol Bull*. 2005 ; **2** : 71-81.
- 26) Friedman M. Overview of antibacterial, anti-toxin, antiviral, and antifungal activities of tea flavonoids and teas. *Mol Nutr Food Res*. 2007 ; **51**(1) : 116-134.

Deodorant, Antibacterial and Antiviral Catechin-processed Paper Particularly Aiming at Products against The Coronavirus Infectious Disease 2019

Shosaku Kashiwada¹, Hiroshi Yokota¹, Tetsunori Kunitake¹, Hiroshi Oyama¹, Hiroaki Ikawa¹ and Michiya Igase²

1 : *Development Plan Section, Kami Shoji Co., Ltd.*

2 : *Department of Antiaging Medicine, Graduate School of Medicine, Ehime University*

Corresponding author : Shosaku Kashiwada
Development Plan Section, Kami Shoji Co., Ltd.
1-2-27 Mishima-Miyagawa, Shikokuchuo, Ehime 799-0404, Japan
E-mail : shosaku.kashiwada@ellemoi.co.jp

Abstract

Background and Aims : Catechin-processed paper produced using a direct gravure coating process of green tea extract on 100% pulp thin paper was investigated to evaluate the deodorant, antibacterial, and antiviral properties.

Methods : Liquid chromatography mass chromatography quantitative analysis of catechins and theaflavins in the green tea extracts and catechin-processed paper (1-month and 1-year post-processes, respectively) were performed. According to the official methods, deodorant, antibacterial, and antiviral tests were conducted.

Results : Five catechins and four theaflavins were detected in the green tea extracts and catechin-processed paper, respectively, with catechin at a higher concentration than that of theaflavin. The catechin-processed paper (1-month post-process) contained 0.11-3.5mg/g of catechins and 0.00006-0.00028mg/g of theaflavins, for a total concentration of 7.6 ± 0.20 mg/g. The concentrations of catechins and theaflavins in the catechin-processed paper (1-month post-process) were similar to those of the paper in 1-year post-process, and the total concentration was 7.6 ± 0.24 mg/g. The catechin-processed paper exhibited high ammonia-deodorizing properties ($>90\%$ in 24 h), antibacterial activities against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* (antibacterial activity values of 5.9 and 6.4, respectively), and antiviral activities against avian influenza virus, influenza A virus, and SARS-CoV-2 (delta and omicron variants) (Mv values ≥ 5.47 , ≥ 2.82 , ≥ 4.33 , and ≥ 4.24 , respectively).

Conclusion : The catechin-processed paper is an excellent functionalized-paper and is potent to be used for hospital hygiene supplies owing to its deodorant, antibacterial, and antiviral properties.

(受理日 : 2022年8月10日)