

論 文

## 乾燥杜仲葉投与の及ぼす鶏肉脂肪酸組成への影響

### Effect of guttapercha leaf feed on chicken meat

桑守正範・内田光教\*・中澤慶久\*\*・目瀬守男・小林昭雄\*\*\*

#### 1. 緒言

現在、石油などに由来する化学物質が我々の健康に甚大な影響を与える恐れが指摘されており、これら化学物質の効果的除去法開発が強く求められている。したがって植物由来の炭化水素を化石燃料由来の素材の代替として用いるなど、有害物質除去に関してのノウハウを集積することは重要である。

植物素材は現時点ではコスト面で問題があるが、化石燃料由来の素材の排除は現在では重要な課題となっており、化石原料由来であるプラスチックに代わる植物由来の新素材開発は極めて社会的ニーズに適合しているものと思われる。著者は「植物由来の新素材」源を「極めて疎水性の高いバイオポリマー」であるグッタペルカを含む杜仲に求め、有害環境因子を気圏・水圏から効果的に除くことが可能な新素材を開発することを目的として研究を進めてきた。

我々が研究の対象としたのは杜仲の「葉」, 「枝」, 「種子・種子殻」, 「樹皮」に白い糸状の繊維として含まれるグッタペルカである。図1から4に図示する。

グッタペルカは強い酸にもおかされない耐食性を有し、非常に高い電気絶縁性も持つため、これまでに海底ケーブルなどに使用されてきた。また歯の詰め物等の医療用素材としても使用されている。グッタペルカの構造を図5に示す。天然ゴムは平均分子量が30万程度のポリマーで、イソプレン単位がシス型に配置しているのが特徴であるが、グッタペルカはトランス型に

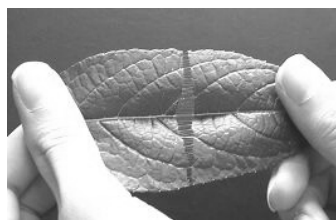


図1. 葉



図2. 枝

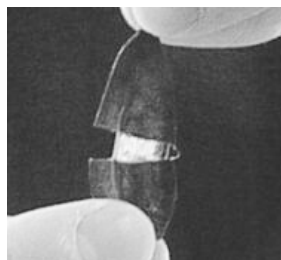


図3. 種子・種子殻

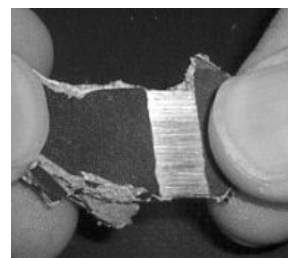


図4. 樹皮

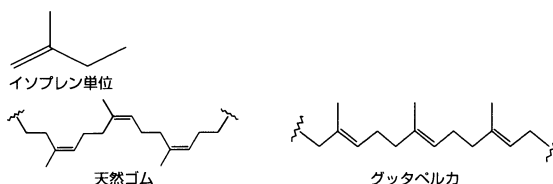


図5. 天然ゴムとグッタペルカの分子構造の比較

\*タカラ産業株式会社 \*\*日立造船 \*\*\*大阪大学

イソプレン単位が配置しているのが特徴である。

## 2. 方法

実験はグッタペルカの抽出、精製法の確立とその脂溶性成分吸着能を測定する実験と、抽出したグッタペルカの利用法を探る「和紙への梳きこみ」、「生体への投与」といった実験とを平行して行った。

### 2-1. グッタペルカの抽出・精製法

杜仲生葉を採取直後、液体窒素で急冷し、エタノールに浸漬した。その後ミキサーにより破碎し、これを粉末化した。枝、種子、種子殻、樹皮もミキサーにより破碎した後、エタノールを溶媒として用いたソックスレー抽出を行い、さらにトルエンを溶媒に用いてソックスレー抽出を行った。

ここまでの操作で得られた「粗」杜仲グッタペルカをさらに精製するべく、トルエンとメタノールを用いた溶媒沈殿精製をこの後3回繰り返した。ここで得られた精製物に、熱 *n*-ヘキサンを用いた再沈殿精製を施すことによって、より精製された杜仲グッタペルカを得た。図6にその過程のフローチャートを示す。

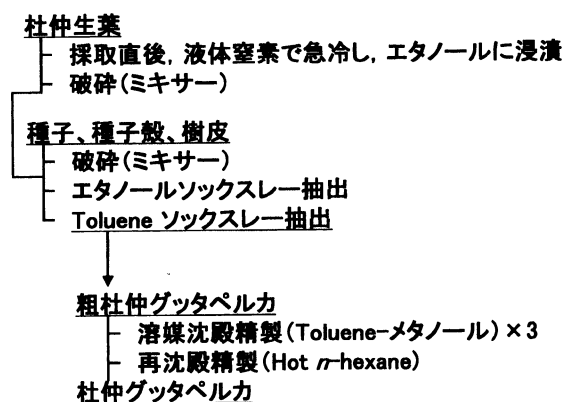


図6. 杜仲グッタペルカ 抽出・精製法

### 2-2. グッタペルカの脂溶性成分吸着性

高速液体クロマトグラフィーのカラム充填剤として、各種素材にグッタペルカを担持したものを、吸着性の調査を行った。測定条件は以下の通りである。カラム充填剤にはシリカゲル、およびセライトを用い、

充填剤に対するグッタペルカの量はシリカゲルに対しては14.3mg/g、セライトに対しては20.3 mg/gであった。分離物質には低分子有機物の一例としてフェノール性化合物であるオイゲノール、ステロイド化合物であるエストラジオールを選択した。

充填剤へのグッタペルカ担持方法を以下に示す。まずシリカゲル、もしくはセライトが充填されたカラムにグッタペルカのトルエン溶液を滴下した後、真空乾燥した。その後純水を加え、上澄みをデカンテーションで除いた。カラム上部にパッカーを取り付け、通常時の3倍の流速(毎分2.4ml)で溶媒を流し、充填剤にグッタペルカを担持させた。

グッタペルカの脂溶性成分吸着性の調査実験の測定条件は以下の通りである。シリカゲルカラムとグッタペルカを担持させたシリカゲルカラムとのHPLCによるオイゲノール分離実験、およびセライトカラムとグッタペルカを担持させたセライトカラムとのHPLCによるオイゲノール分離実験の分離条件は「溶離溶媒：純水、流速：毎分0.8 ml、検出波長：220nm、カラム温度：40℃」であった。またシリカゲルカラムとグッタペルカを担持させたシリカゲルカラムとのHPLCによるエストラジオール分離実験の分離条件は「溶離溶媒：水、流速：毎分0.8ml、検出波長：200nm、カラム温度：40℃」であった。

### 2-3. グッタペルカの和紙への梳きこみ

抽出したグッタペルカの利用法を探るべく、その一環として和紙への梳きこみを検討した。杜仲部位中最も高濃度でグッタペルカを含む樹皮をハンマーを使って破碎し、グッタペルカ繊維以外の夾雑物をふるいで除くと、グッタペルカを多く含む繊維が残る。本実験ではこの繊維を楮と混合して和紙に梳いた。混合割合は楮2に対しグッタペルカ繊維を1とした。

### 2-4. 生体への投与実験

著者は杜仲グッタペルカの脂質吸着能に着目した。すなわち杜仲グッタペルカを生物に経口投与した場合期待できる余剰脂質吸着効果、並びに内分泌攪乱物質

吸着・排泄能を検討するべく、鶏（本実験では岡山地鶏を使用）への杜仲投与実験（経口投与）を行った。本実験によりグッタペルカの安全性の試験も行った。飼育実験、実験方法は以下の通りである。

#### 2-4-1 実験飼料

以下の試料を生後100日の岡山地鶏の餌に5%混入し、2週間投与した後、各食用部位の総脂質量、コレステロール量、および脂肪酸組成を測定した。

#### 飼料

##### ・乾燥杜仲葉

杜仲茶を抽出する前の葉を乾燥させた物：グッタペルカの他に血圧降下作用のあるゲニポシド酸を含む。

##### ・杜仲茶抽出済み乾燥葉

杜仲茶を抽出した後の葉を乾燥させた物：グッタペルカは含むがゲニポシド酸は熱湯抽出により95%以上失われている（日立造船分析結果より）。

#### 実験動物

実験動物には岡山地鶏を用いた。岡山地鶏は杜仲葉入り試料の有無に関わらず、食欲の旺盛な品種である。図7は杜仲葉を投与する前の雛である。図8は実験に供する直前の若鶏である。

実験動物は杜仲葉を食べさせた群、杜仲茶抽出済み



図8

葉を食べさせた群、いずれも食べさせない群の3群に分けた。

#### 分析方法

##### 2-4-2. 総脂質量の定量

実験動物の「もも」「むね」「手羽」「皮」の各部位を2g精秤し、5倍量のクロロホルム：メタノール（2：1）中でホモジナイズ後、一昼夜放置した後濾過、ロータリーエバポレーターで溶媒を除いた後、残った脂質重量を測定した。

##### 2-4-3. コレステロール量の定量

実験動物の「もも」「むね」「手羽」「皮」の各部位を2g精秤し、5倍量のクロロホルム：メタノール（2：1）中でホモジナイズ後、一昼夜放置した後濾過、ロータリーエバポレーターで溶媒を除いた後、残った脂質を検体にZak-Henly法を用いてコレステロールの定量を行った。

##### 2-4-4. 過酸化脂質量の定量

実験動物の「もも」「むね」「手羽」「皮」の各部位を2g精秤し、5倍量のクロロホルム：メタノール（2：1）中でホモジナイズ後、一昼夜放置した後濾過、ロータリーエバポレーターで溶媒を除いた後、残った脂質にチオバルビツール酸を反応させ、その反応物の



図7

量を吸光度計で測定した (T B A R S 法)。

#### 2-4-5. リン脂質脂肪酸組成測定法

実験動物の「もも」「むね」「手羽」「皮」の各部位を2g精秤し、5倍量のクロロホルム：メタノール(2：1)中でホモジナイズ後、一昼夜放置した後濾過、ロータリーエバポレーターで溶媒を除いた後、残った脂質を検体として薄層クロマトグラフィー法によりリン脂質を分画した。その後、三フッ化ホウ素メタノール法によりメチルエステル化し、GLC法により脂肪酸組成の分析を行った。分析条件は以下の通りである。Shimadzu 12A, Column:OMEGAWAX™320, 30m×0.32mm, 0.25 μm Film (SUPELCO CO.Ltd.), カラム槽温度195℃, 分析温度250℃, キャリアーガス：窒素であった。脂肪酸の同定は同族炭素数と保持時間との直線関係の利用や標品との保持時間の比較により行った。

### 3. 結果と考察

#### 3-1. 杜仲グッタペルカ収量

乾燥物2g中のグッタペルカ収量を以下に示す。また図8に収集されたグッタペルカ粉末を示す。

樹皮 …116mg  
種子殻 … 18mg  
種子 … 15mg  
葉 … 15mg  
枝 … 5mg

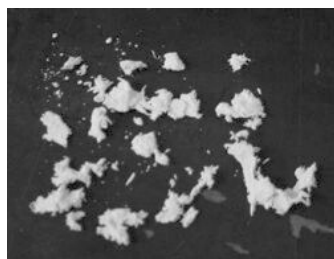


図8

グッタペルカの収量は樹皮、種子殻、葉、枝の順であるこ

とを確認した。本データは著者が「葉」をターゲットとしていることの妥当性を証明するデータといえる。

#### 3-2 グッタペルカのオイゲノール、およびエストラジオールの吸着試験

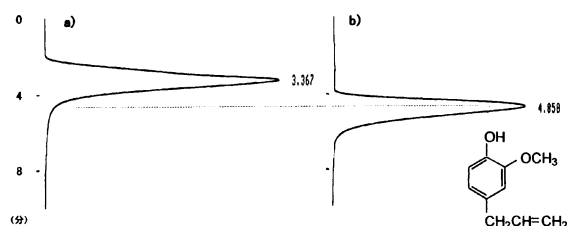
グッタペルカのオイゲノールおよびエストラジオール吸着能が確認できた。以下に詳細を述べる。

#### 3-2-1. シリカゲルカラムとグッタペルカを担持させたシリカゲルカラムとのHPLCによるオイゲノール溶出曲線の比較

・検出ピークリテンションタイム

シリカゲルカラム：3.367分

グッタペルカを担持させたシリカゲルカラム：4.858分



カラム：a)シリカゲルカラム b)グッタペルカを担持させたシリカゲルカラム  
(ともにφ4×150mm)

溶離液：水、流速：0.8 ml/min, 検出器：UV(220nm), カラム温度：40℃

図9. オイゲノールのHPLC溶出曲線

溶出ピーク例を図9に示す。シリカゲルカラムでは検出ピークが3.367分に現れたが、グッタペルカを担持させたカラムでは4.858分であった。検出時間の遅延化、という結果を今回得たが、この遅延はグッタペルカがオイゲノールを吸着したことから生じたものと思われる。

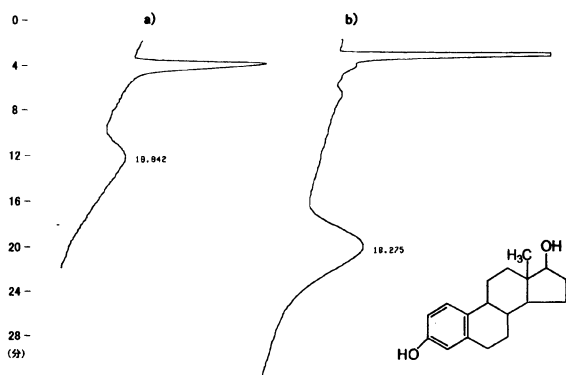
#### 3-2-2. シリカゲルカラムとグッタペルカを担持させたシリカゲルカラムとのHPLCによるエストラジオール溶出曲線の比較

・検出ピークリテンションタイム

シリカゲルカラム：10.842分

グッタペルカを担持させたシリカゲルカラム：18.275分

溶出ピーク例を図10に示す。シリカゲルカラムでは検出ピークが10.842分に現れたが、グッタペルカを担持させたカラムでは18.275分であった。検出時間の遅延化、という結果を今回得たが、この遅延はグッタペルカがエストラジオールを吸着したことから生じたものと思われる。



カラム：a)シリカゲルカラム b)グッタペルカを担持させたシリカゲルカラム  
(ともにφ4×150mm)

溶離液：水、流速：0.8 ml/min、検出器：UV(200nm)、カラム温度：40℃

図10. エストラジオールのHPLC溶出曲線

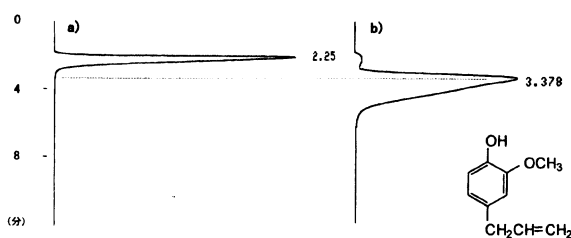
3-2-3. セライトカラムとグッタペルカを担持させたセライトカラムとのHPLCによるオイゲノール溶出曲線の比較

・検出ピークリテンションタイム

セライトカラム：2.25分

グッタペルカを担持させたセライトカラム：3.378分

溶出ピーク例を図11に示す。セライトカラムでは検出ピークが2.25分に現れたが、グッタペルカを担持さ



カラム：a)セライトカラム b)グッタペルカを担持させたセライトカラム  
(ともにφ4×150mm)

溶離液：水、流速：0.8 ml/min、検出器：UV(220nm)、カラム温度：40℃

図11. オイゲノールのHPLC溶出曲線

せたカラムでは3.378分であった。シリカゲルカラムの場合と同様にセライトカラムにおいても検出時間の遅延化、という結果を得た。この遅延もグッタペルカがオイゲノールを吸着したことから生じたものと思われる。

### 3-3. グッタペルカの紙への梳き込み

グッタペルカを混ぜて梳いたものはセルロースパルプのみで梳いたものに比べて構造的にしっかりしたものとなった。図12に外観を示す。

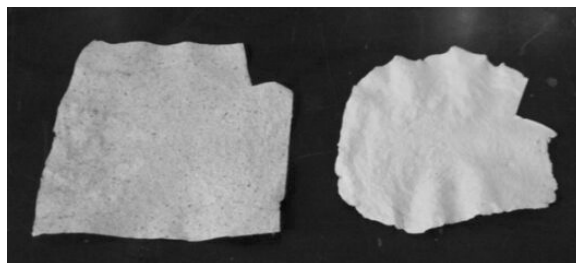


図12. グッタペルカを梳き混みによる和紙の形状変化

左：グッタペルカを梳き込んだ紙

右：グッタペルカを梳き込まない紙

### グッタペルカの抽出および吸着実験の総括

グッタペルカの抽出法の検討を行ってきた結果、我々は杜仲由来グッタペルカの抽出法確立に成功した。また、グッタペルカの含量は乾燥重量当たり樹皮、種子殻、葉、枝の順に減少することがわかった。また、天然素材への担持では和紙への「すきこみ」に成功した。

グッタペルカをシリカゲルおよびセライトにグッタペルカを吸着させたところ、フェノール性化合物であるオイゲノール、ステロイド化合物であるエストラジオールに対して可逆的な吸着性が認められた。

植物資源の素材としての有効利用法は、環境保全と安全性の観点から真剣に考えなければならない。強い脂溶性有機物質吸着能をもつグッタペルカの性質を付与した製品の用途は広い。例えば、内分泌攪乱物質のような微量有害脂溶性物質の吸収浄化への利用は極めて注目され得る。現在までにセルロースへのグッタペルカの担持に成功しているが、今後は内分泌攪乱物質の吸着試験をするなどして本品の利用法の検討をしていく予定である。

また、現在は現在産業廃棄物となっている杜仲茶製造後の「残渣」であるが、この残渣の有効利用は産業廃棄物の減量という環境面でのメリットもさることながら、グッタペルカ原材料のコスト減につながる可能

性も高いことから、この杜仲茶製造後の「残渣」からのグッタペルカ抽出法を現在確立中である。しかし同サンプルは加熱処理済みということもあってか、グッタペルカ画分は褐色であり、これを用いた製品は薄い褐色を示すなど、非加熱杜仲葉の加工性には未だ及ばないのが現状である。今後グッタペルカ画分の脱色法を検討するなど、品質向上のための手段を講ずる予定である。

### 3-4. 動物実験結果

#### 3-4-1. 総脂質量の測定結果

杜仲地鶏、杜仲ガラ地鶏、岡山地鶏および市販鶏肉中脂溶性成分比較を行った。総脂質量の測定結果を表1に示す。杜仲地鶏・杜仲ガラ地鶏とも市販鶏肉の約半分、岡山地鶏と比較しても3/4~2/3量の脂質含量であった。また杜仲葉と杜仲茶抽出済み試料間に大きな差がなかったことから、地鶏各食用部の脂質含量を低下させるのは杜仲茶に含まれるゲニポシド酸ではなく、杜仲葉を水抽出した後も大半が残存するグッタペルカの効果である可能性が高いと思われる。

表1. 杜仲地鶏、杜仲ガラ地鶏（仮）、岡山地鶏および市販鶏肉中総脂質量の比較 (g/100g)

	手羽	もも	むね	皮
杜仲地鶏	6.37	7.85	1.2	8.6
杜仲ガラ地鶏	7.48	9.85	1.4	9.8
岡山地鶏	11.5	12.3	1.8	12.5
市販ブロイラー	15.8	14.6	2.4	16.5

杜仲地鶏：100日齢から16日間180g/6kg (3%) の乾燥杜仲葉混入飼料を摂取 (n=9)

杜仲ガラ地鶏：100日齢から16日間180g/6kg (3%) の杜仲茶抽出済み乾燥葉混入飼料を摂取 (n=6)

岡山地鶏：一般飼料で100日間飼育 (n=6)

#### 3-4-2. コレステロール量の測定結果

コレステロール量の測定結果を表2に示す。杜仲地鶏・杜仲ガラ地鶏とも市販ブロイラーの約3/4、岡山地鶏と比較しても少ない量のコレステロール含量であった。また杜仲葉と杜仲茶抽出済み試料間に大きな差がなかったことから、地鶏各食用部のコレステロール

含量を低下させるのは杜仲茶に含まれるゲニポシド酸ではなく、杜仲葉を水抽出した後も大半が残存するグッタペルカの効果である可能性が高いと思われる。

表3. 杜仲地鶏、杜仲ガラ地鶏（仮）、岡山地鶏および市販鶏肉中過酸化脂質量の比較 (TBARS値; nmol/g)

	手羽	もも	むね	皮
杜仲地鶏	428	388	321	364
杜仲ガラ地鶏	487	447	498	468
岡山地鶏	520	513	618	620
市販ブロイラー	282	290	1406	508

杜仲地鶏：100日齢から16日間180g/6kg (3%) の乾燥杜仲葉混入飼料を摂取 (n=9)

杜仲ガラ地鶏：100日齢から16日間180g/6kg (3%) の杜仲茶抽出済み乾燥葉混入飼料を摂取 (n=6)

岡山地鶏：一般飼料で100日間飼育 (n=6)

#### 3-4-3. 過酸化脂質量の測定結果

過酸化脂質量の測定結果を表3に示す。杜仲地鶏・杜仲ガラ地鶏とも部位によっては市販ブロイラーの約倍の過酸化脂質量となった。これは杜仲地鶏・杜仲ガラ地鶏ともにケージ飼育ではないため運動量が市販ブロイラーよりも多かったことが理由として考えられる。しかしながら杜仲地鶏・杜仲ガラ地鶏は岡山地鶏と比較して、過酸化脂質量は低い含量であった。杜仲葉、および杜仲茶抽出済み試料に何らかの抗酸化物質が含まれている可能性も示唆された。

表2. 杜仲地鶏、杜仲ガラ地鶏（仮）、岡山地鶏および市販鶏肉中総コレステロール量の比較 (mg/100g)

	手羽	もも	むね	皮
杜仲地鶏	66	69	68	88
杜仲ガラ地鶏	65	70	66	90
岡山地鶏	72	75	70	95
市販ブロイラー	82	89	78	113

杜仲地鶏：100日齢から16日間180g/6kg (3%) の乾燥杜仲葉混入飼料を摂取 (n=9)

杜仲ガラ地鶏：100日齢から16日間180g/6kg (3%) の杜仲茶抽出済み乾燥葉混入飼料を摂取 (n=6)

岡山地鶏：一般飼料で100日間飼育 (n=6)

表4. 岡山地鶏, 杜仲地鶏および杜仲ガラ地鶏油脂中脂肪酸組成 (%)

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2 n-6	C18:3 n-3	C20:4 n-6	C20:5 n-3	C22:6 n-3
岡山地鶏										
手羽	0.9	22.6	7.6	5.6	43.3	15.1	0.8	0.7	0.4	0.7
もも	0.8	22.9	7.1	6.4	42.4	15.4	0.7	0.9	0.4	0.9
むね	0.9	23.9	6.0	7.4	41.0	14.7	0.7	1.0	0.5	1.3
皮	1.0	23.6	7.1	6.0	43.7	15.0	0.8	0.4	0.3	0.4
杜仲地鶏										
手羽	0.7	16.6	5.6	4.1	31.7	22.7	1.4	1.1	0.6	1.1
もも	0.6	16.6	5.2	4.6	30.8	23.1	1.1	1.4	0.6	1.4
むね	0.7	17.4	4.4	5.4	29.8	22.1	1.1	1.5	0.8	2.0
皮	0.7	17.6	5.3	4.5	32.6	22.5	1.2	0.6	0.5	0.6
杜仲ガラ地鶏										
手羽	0.7	17.2	5.8	4.3	32.9	20.4	1.2	0.9	0.5	0.9
もも	0.6	17.2	5.3	4.8	31.9	20.8	0.9	1.2	0.5	1.2
むね	0.7	18.0	4.5	5.6	30.9	19.8	0.9	1.4	0.7	1.8
皮	0.8	18.2	5.5	4.6	33.7	20.3	1.1	0.5	0.4	0.5

### 3-4-4. 脂肪酸組成の測定結果

脂肪酸組成の測定結果を表4に示す。普通飼料投与岡山地鶏と比較して杜仲茶抽出済み飼料および乾燥杜仲葉を投与した群に於いて飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸は一定の値を保つものの、多価不飽和脂肪酸は逆に増加する傾向が見られた。

### 動物への杜仲葉経口投与実験の総括

総脂質含量は乾燥杜仲葉を与えた地鶏、および杜仲茶抽出済み飼料を与えた地鶏とも、市販ブロイラーの約半分、岡山地鶏と比較しても3/4~2/3量であった。また杜仲葉と杜仲茶抽出済み飼料間に大きな差がなかったことから、地鶏各食用部の脂質含量を低下させるのは杜仲茶に含まれるゲニポシド酸ではなく、杜仲葉を熱湯抽出した後も大半が残存するグッタペルカの効果である可能性が高いと思われる。

またコレステロール含量も乾燥杜仲葉を与えた地鶏、および杜仲茶抽出済み飼料を与えた地鶏とも市販ブロイラーの約3/4、岡山地鶏と比較しても少ない量であった。またここでも乾燥杜仲葉と杜仲茶抽出済み飼料間に大きな差がなかったことから、地鶏各食用部のコレステロール含量を低下させるのは杜仲茶に含まれるゲニポシド酸ではなく、グッタペルカの効果である可能性が高いと思われる。

食用部位の脂肪酸組成を測定した結果、飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸割合に影響を与えないもの、多価不飽和脂肪酸割合が増加した。このことは総脂質量が低下したものの、必須脂肪酸量を保持しようと生体が反応した可能性を示す結果である。

著者は杜仲葉を地鶏に与える本実験で杜仲が生体の余剰脂質を吸着・排泄し、かつ脂肪酸組成の改善を促すというデータを得た。このデータを元にこれからは「乾燥杜仲葉をベースとする鶏餌の調製」、「鶏肉の脂肪およびコレステロールの値が低下」、「直接摂取することによる生活習慣病の予防」といった分野にも展開可能であろう。

## 4. 今後の課題

これまでの研究成果から以下にあげるような今後の展開を考えている。

### 4-1. 脂溶性成分の吸着能力に注目

グッタペルカはオイゲノールなど悪臭成分を吸着するという結果を得ており、このことから以下にあげるような今後の展開が考えられる。

1. 「臭わない鶏糞」の開発
2. 「糞が臭わない」ペット用餌の開発

3. 人間が食用とする杜仲タブレットを開発
4. 脱臭効果の期待できるグッタペルカ紙（壁紙など）やグッタペルカ布（白衣など）を開発

#### 4-2. 杜仲の防腐効果に注目

杜仲は防黴効果は期待できないものの、虫がつかない、腐らないなどの性質があるようであることから以下のような展開も考えられる。

1. 杜仲抽出物による防虫・防菌剤の開発
2. スモークチップへの応用

その他、グッタペルカの耐酸性に着目し、建築用耐酸性充填材（パイプのつなぎ目などに使用）、胃で溶けない医療用カプセルの開発などへの展開も考えられる。

杜仲のような天然素材の応用は安全性、信頼性ともアドバンテージがあると思われるため、さらに研究を続け、応用の範囲を検討していく予定である。

#### 参考文献

- 1) A.M.Perston, *J.Nutr.*, **106**, 1391-1397 (1976)
- 2) S.E.Dahlen, J.Bjork, P.Herdqvist, K.E.Arforts, S.Hammarstrom, J.A.Lindgren, and B.Samuelsson, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, **78**, 3877-3891 (1981).
- 3) J.Dyerberg, D.H.O.Bang, and N.Hjorne, *Am.J.Clin.Nutr.*, **28**, 958-966 (1975)
- 4) C.C.Miller, V.A.Ziboh, T.Wong, and M.P.Fletcher, *J.Nutr.*, **120**, 36-42 (1990)
- 5) G.O.Solley, G.J.Gleigch, P.E.Jordon, and A.L.Schroeter, *J.Clin.Invest.*, **58**, 408-420 (1976)
- 6) A.Hashimoto, M.Katagiri, S.Torii, J.Dainaka, A.Ichikawa, and H.Okuyama, *Prostaglandin*, **36**, 3-16 (1988)
- 7) J.Dolovich, F.E.Hargreave, R.Chalmers, K.J.Shier, J.Gauldie, J.Bienenstock, *J.Allergy Clin. Immunol.* **52**, 38-46 (1973).
- 8) J.G.R.D.Monchy, H.F.Kauffman, P.Venge, G.H.Koeter, H.M.Jansen, H.J.Sluite, and K.D.Vries, *Am. Rev. Respir.Dis.*, **131**, 373-376 (1985).
- 9) M.Hirashima and H.Hayashi, *Immunology*, **30**, 203-212 (1976).
- 10) M.Takagi, T.Nakahata, K.Koike, T.Kobayashi, K.Tuji, S.Kojima, T.Hirano, A.Miyajima, K.Arai, and T.Akabane, *J.Exp.Med.*, **170**, 233-240 (1989).
- 11) S.P.Rangi, H.M.Serwonska, G.A.Leunahan, W.C.Pickett, V.A.Blake, S.Sample, and E.J.Goetzl, *J.Allergy Clin.Immunol.*, **85**, 484-489 (1990).
- 12) S.Watanabe, N.Sakai, Y.Yasui, Y.Kimura, T.Kobayashi, T.Mizutani, and H.Okuyama, *J.Nutr.*, **124**, 1566-1573 (1994).
- 13) G.C.Fahey, J.Billy, L.Miller, and W.Hadfield, *J.Nutr.*, **109**, 77-83 (1979).
- 14) E.L.Becker, *Adv.Immunol.*, **13**, 267-274 (1971).
- 15) B.Kerstein, L.Orning, and S.Hammarstrom, *Meth.Enzymol.*, **86**, 38-45 (1982).
- 16) A.J.Ulmar and H.D.Flad, *J.Immunol. Methods* **30**, 1-10 (1979).
- 17) C.Gutierrez, R.R.Bernabe, J.Vega, and M.Kreisler, *J.Immunol. Methods*, **29**, 57-63 (1978).
- 18) J.Folch, I.Ascoli, M.Lees, J.A.Meath, and F.N.Lebaron, *J.Biol. Chem.*, **191**, 833 (1951).
- 19) G.Hansson, C.Halmsten, and O.Radmark, *New Compr.Biochem.*, **5**, 127-169 (1983).
- 20) C.D.May, M.Lyman, R.Alberto and J.Chang, *J.Allergy*, **46**, 12-17 (1970).
- 21) H.Ohkawa, N.Ohnishi, and K.Yagi, *Anal.Biochem*, **95**, 351-358 (1979)
- 22) A.Hirai, T.Terano, T.Hamazaki, J.Sajiki, S.Kondo, A.Ozawa, T.Fujita, T.Miyamoto, Y.Tamura, and A.Kumagai, *Thromb.Res.*, **28**, 285-298 (1982).
- 23) M.Shikano, Y.Masuzawa, K.Yazawa, K.Takayama, I.Kudo, and K.Inoue, *Japan society for lipid nutrition*, **2**, 44-45 (1993).
- 24) K.S.Broughton, J.Whelan, I.hardarottir, and J.E.Kinsella, *J.Nutr.*, **121**, 155-164 (1991).
- 25) C.Brouard and M.Pascaud, *Biochem.Biophys.Act.*, **1047**, 19-28 (1990)

#### 6. 謝辞

研究を進めるに当たってご指導いただきました大阪大学大学院教授小林昭雄先生に衷心より謝意を表します。

(2002年12月1日 受理)