

高温地域における杜仲栽培並びに杜仲葉含有新規食材の開発

田島 創・瀬賀悟史^{*}・山田徹郎・吉野 功^{*}

Eucommia ulmoides cultivation in high-temperature regions and development of new ingredients containing *Eucommia ulmoides* leaves

TAJINA So, SEGA Satoshi^{*}, YAMADA Tetsuro and YOSHINO Isao^{*}

杜仲は、杜仲目杜仲科を構成する唯一の植物であり、樹高が 20 m に達する落葉樹である。杜仲の樹皮は漢方薬として、その葉はゲニポシド酸やクロロゲン酸などの有用成分を含む食品として用いられる。近年の温暖化傾向に伴い、群馬県の南東部は、2022 年 6 月に気温 40 °C を連日観測するなど日本国内でも気温の高い地域の一つである。このような高温下でも杜仲を栽培ができ、有効成分の含有が認められれば、食材として利用できる。本研究では、群馬県南東部で杜仲を栽培し、その有効成分の含有量について測定、更に杜仲葉を含有するこんにゃくを新規食材として開発した。

キーワード：杜仲、こんにゃく、ゲニポシド酸、クロロゲン酸、ポリイソプレレン化合物

Eucommia ulmoides is only plant that constitutes the *Eucommia* order *Eucommia* family, which reaches a height of 20 m¹⁾. The bark of *E. ulmoides* is used as an herbal medicine, and its leaves contain geniposidic acid and chlorogenic acid are used as food. With the recent global warming trend, the southeastern part of *Gunma prefecture* is one of the hottest regions in Japan, with temperatures of 40 °C observed every day in June 2022. Even under such a high temperature, if *E. ulmoides* can be cultivated and the content of its active ingredients is recognized, *E. ulmoides* can be used as a local foodstuff. In this study, we cultivated *E. ulmoides* in the southeastern part of *Gunma Prefecture*, measured the content of its active ingredients, and developed *Konnyaku* containing this *E. ulmoides* leaf as a new food ingredient.

Keywords : *Eucommia ulmoides*, *Konnyaku*, geniposidic acid, new food ingredient

1 まえがき

杜仲は、中国原産の落葉樹木であり、杜仲目杜仲科を構成する唯一の種である¹⁾。杜仲の樹皮は、医薬品として指定されているが、葉は、杜仲茶などの食品としてより身近に親しまれている。杜仲には、機能性物質として、イリドリド類としてゲニポシド酸(図1)やアスペルロシド、フェノール化合物としてクロロゲン酸などが含まれることが知られている^{1-3,8)}。一方、杜仲葉に含まれるこれら機能性物質の含有量は、収穫期である6月~11月で時期毎に異なり、6月~8月の夏期で多く、

9月~10月に夏期に比べ低下することが報告されている¹⁻³⁾。更に、日射量が多く、雨量が少ない年では、他の年に比べ、ゲニポシド酸含有量が増加傾向にあることが報告されている²⁾。

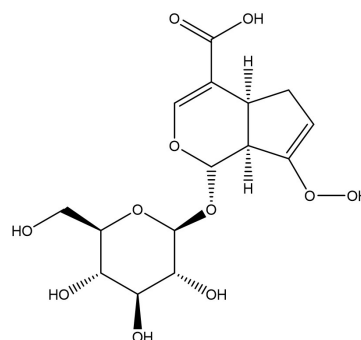


図1 ゲニポシド酸の化学構造式

また、栽培される地域によっても機能性成分の季節ごとの含有量に違いが認められる。

杜仲に含まれるもう一つの成分として、ポリイソプレン化合物がある。このポリイソプレン化合物は、杜仲の葉、樹皮及び果実に含まれており、その粘性の高さから杜仲を害虫から守るため、農薬を使わずに杜仲を栽培できるといわれている。このポリイソプレンは、自然由来の高分子材⁴⁾や消臭剤⁵⁾として利用されている。

群馬県南東部は、2022年6月において40℃以上の気温を連日記録するなど、日本国内における夏期の高温地域の一つである。また、日射量も多いことも知られている。もし、この群馬県において杜仲を好適に栽培できれば、特徴のある群馬県の食材の一つとできると考えられた。

本研究では、群馬県でも夏季の高温地域として知られる南東部において杜仲を栽培し、有効成分の一つであるゲニポシド酸を抽出すること、更に、この栽培した杜仲葉を用いて、群馬県の特産品であるこんにやくにこの杜仲を加えることで新しい食材を開発することを目的とした。

2 方法

2.1 杜仲栽培

杜仲は、令和4年2月に葉の無い状態の苗を購入した。杜仲の苗丈は、約50 cmで苗の直径は地面から上約100 mmの高さにおいて約10 mmだった。この杜仲苗3株を南面が開けている畑地3箇所へ植栽した。この畑地の土壌は、いずれも赤城山南麓から採取した黒色の火山性灰土、所謂黒ボク土を用いた。栽培に用いた畑地は、2016年から2021年まで無肥料、無農薬区であり、除草剤など化学的な薬品を一切用いない畑地を選んだ。

2月中旬に植栽した後は、4月と6月に手作業による周辺の除草を1度ずつ、5月末に草払い機による除草を1度した以外は、7月7日に行った杜仲葉の収穫まで杜仲苗を放置した。

2.2 杜仲葉の収穫

杜仲は、樹皮と葉にそれぞれ有効成分を含

むが、これら苗はまだ貧弱であったため、杜仲葉のみを採取することとした。杜仲葉は、群馬県南東部が記録的高温期だった6月25日から7月2日より約1週間経過した7月7日に収穫した。

杜仲葉は、それぞれの苗毎に採取した後、酵素の不活化並びに抽出作業を行った。酵素の不活化は、収穫した杜仲葉を密封した袋に入れ、75℃の湯浴中に3分間入れることで実施した。

2.3 ゲニポシド酸の抽出

ゲニポシド酸やクロロゲン酸の抽出は、瀬戸山らの方法を参考に行った¹⁾。具体的には、酵素を失活した杜仲生葉20 gを沸騰したイオン交換水300 mLに入れ、10分間湯煎した。湯煎後、冷却し、吸引ろ過によりろ液を得た。ろ紙に残留した杜仲葉について、この抽出-吸引ろ過を更に2回繰り返し、ろ液を集めた。ろ液にイオン交換水を加え、全体を1 Lに調整し、抽出液とした。この抽出液100 mLをナスフラスコに入れ、凍結した後、凍結乾燥し、杜仲葉抽出物を得た。

2.4 分析方法

杜仲葉抽出物をメタノール水溶液に溶解した後、この上澄み液を回収し、飛行時間分解型質量分析装置（ウォーターズ社製 LCT Premier XE）によりゲニポシド酸の定量分析を行った。定量には、ゲニポシド酸標準品を検量線を作成した。杜仲葉に含まれるポリイソプレンについては、赤外線スペクトルを測定した。ゲニポシド酸の加熱による変化は、ゲニポシド酸標準品の小片をステンレス板に採取して赤外線吸収スペクトルを測定した後、105℃の恒温槽内で2時間放置した後、加熱前と同じ小片の赤外線吸収スペクトルを測定し、両スペクトルを比較することで分析した。

2.5 杜仲を用いた新規食品の開発

杜仲には前述したようにゲニポシド酸、アスペルロシド、クロロゲン酸、そしてポリイソプレン化合物などが含まれている。これらの成分を含むのに好適な食材として、こんにやくを選定し、杜仲入りこんにやくを作成した。この食品の製造方法は、グルコマンナンと、水と、凝固剤を混合した後に加熱凝固させる工程とした。具体的には、グルコマンナンと、水と、収穫した杜仲葉を混練し、混練物を作成した。この混練物を養生した後、加熱することでこんに

やくを得た。養生工程の後、この混練物に水酸化カルシウムを加えることでこんにやくの固さの制御を行った。製造したこんにやくの酸性度 (pH) は、pH メータを用いて測定した。こんにやくの固さは、25 % 圧縮時の最大荷重をクリープメータ (YAMADEN 社製 RE2-33005C) で測定した。製造したこんにやくの有効成分の分散は、こんにやく中でのクロロゲン酸による変色反応を利用し、こんにやく全体のバラツキを確認した。

3 結果と考察

3.1 杜仲栽培とゲニポシド酸含有量

群馬県南東部において栽培した杜仲の外観写真を図2に、7月7日に収穫した杜仲葉を図3にそれぞれ示す。また、群馬県伊勢崎市と桐生市の気象台における令和4年の月毎の最高気温と平均降水量の平均値⁶⁾を栽培地域の気象情報として図4に示す。



図2 栽培中の杜仲の外観写真 (上部から)

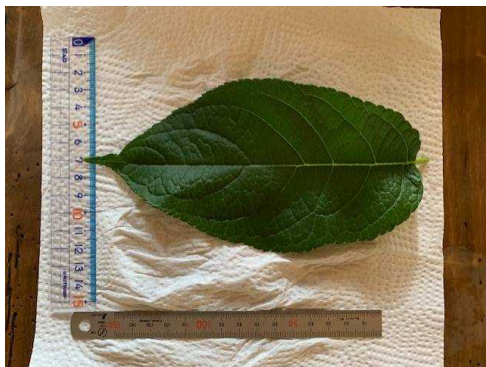


図3 収穫した杜仲葉の外観写真

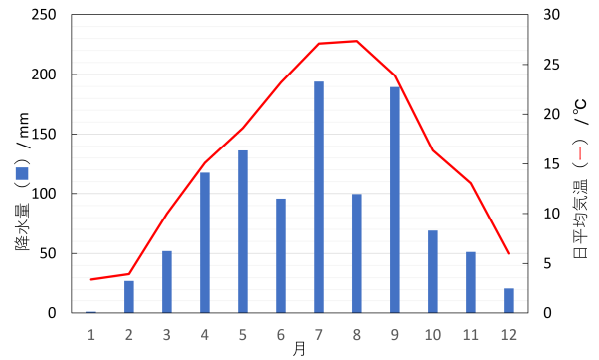


図4 杜仲栽培地域の気象情報

群馬県南東部の令和4年における日平均気温と、降水量とは、4.3 °C、24 mm (2月)、10.0 °C、44 mm (3月)、15.3 °C、110 mm (4月)、18.9 °C、119.5 mm (5月)、23.6 °C、84 mm (6月)、27.8 °C、177.5 mm (7月) だった。ゲニポシド酸含有量が多くなると推測される収穫前月である6月は、平均気温が上昇し降水量が低下したため、ゲニポシド酸の含有量については優位な気象条件と考えられた。

苗ごとに比較した杜仲葉の重さは、20枚の平均で、苗①が0.74 g、苗②が1.61 g、苗③が1.84 g だった。乾燥した杜仲葉の単位重量当たりに含まれるゲニポシド酸の含有量は、苗①で13.2 mg/g、苗②で14.7 mg/g、苗③で16.2 mg/g となり、杜仲葉の重さと正の相関が認められた。図5に葉の重さに対する葉の単位重量当たりゲニポシド酸含有量を示す。この結果から、杜仲葉の収穫時期の決定に、葉の重量を指標とすることは有効であることが考えられた。

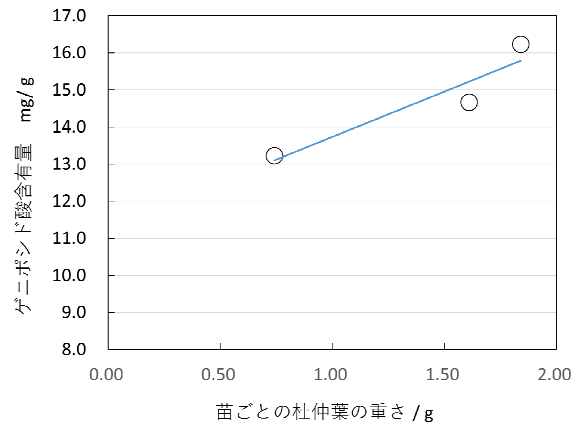


図5 杜仲葉の単位重さに対するゲニポシド酸含有量

この結果から、杜仲葉に含まれるゲニポシド酸含有量は、平均 14.7 mg/g となり、これまでの報告の 15 mg/g ~40 mg/g⁸⁾ と比べ低かった。ゲニポシド酸の分解酵素を失活するための処理として、自然乾燥の天日干しと、加熱処理として蒸し器を使用した場合とを比べたると、蒸し器による処理がより効果が高いことが報告されている²⁾。天日干しで処理した場合、今回と同等の含有量の場合も報告されていることから、今回行った 75 °C の湯浴中に 3 分間の処理は、酵素失活に対しての効果が低い可能性が考えられた。

3. 2 杜仲葉を含むこんにゃくの製造

杜仲には、前述したように機能性成分の一つとしてポリイソプレン化合物を含むことが知られており⁴⁾、本研究で栽培した杜仲葉にも粘性物質が認められた。この粘性物質の赤外線吸収スペクトルを図 6 に示す。この赤外線吸収スペクトルから杜仲葉に含まれる粘性物質は、ポリイソプレン化合物⁷⁾であることが示唆された。杜仲に含まれるポリイソプレン化合物は、*trans*-体であることが指摘されているが、一般的な *trans*-1, 4-ポリイソプレンでは、波数 3400 cm^{-1} 付近に吸収極大を持つ水酸基 (-OH) は認められないことから、この粘性物質は、一部に OH 基を持つか、もしくは水分を含んでいることが示唆された。この結果は、この粘性物質が水に溶解することと矛盾しなかった。

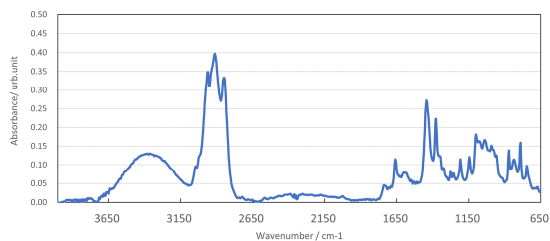


図 6 杜仲葉に含まれる粘性物質の赤外線吸収スペクトル

こんにゃくの一般的な製造方法は、温度 100 °C 程度での加熱工程を含む。このため、有効成分であるゲニポシド酸が温度 100 °C

で加熱した際に機能を失わないことを確認することは重要と考えられた。ゲニポシド酸を温度 105 °C で 2 時間加熱後（破線）と、加熱前（実線）と、にそれぞれ測定した赤外線吸収スペクトルを図 7 に示す。また、これらスペクトルの差スペクトルを図 7 に併記する。この赤外線吸収スペクトルでは、波数 1670 及び 1110 cm^{-1} の吸光度を同じにして表記した。この分析の結果、105 °C の加熱により、波数 800~650 cm^{-1} 付近及び 1250~1300 cm^{-1} 付近の吸光度が低下した。波数 800~650 cm^{-1} 付近の低下は、水の蒸発によると考えられた。一方、波数 1250~1300 cm^{-1} 付近の吸収は、ゲニポシド酸が持つ二つの環構造を結ぶ >C-O-C< 結合の逆対象伸縮などに由来すると考えられた。このことから、加熱によりこの C-O 結合のいずれかが解離した可能性が示唆された。また、加熱後のスペクトルでは、OH 基に由来する波数 3400 cm^{-1} 及び CH 結合に由来する波数 2980 cm^{-1} 付近の吸光度が増加した。この吸光度の変化は、加熱によりゲニポシド酸に加水分解などが生じ、>C-O-C< 結合が解離したとする結果と矛盾しなかった。

一方、杜仲茶による抗酸化試験の報告⁸⁾は、杜仲葉を焙煎したものと焙煎しないものとで差は認められず、いずれも高い抗酸化性を示すことから、今回認められた加熱によるわずかな変化は、杜仲に含まれる成分の機能を失うものではないと考えられた。

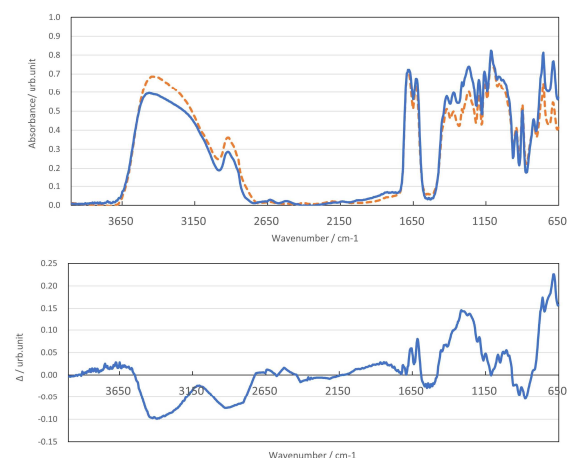


図 7 ゲニポシド酸の赤外線吸収スペクトル
(上) 加熱前：実線、加熱後：破線
(下) 加熱前後の差スペクトル

4 まとめ

杜仲葉を含むこんにやく（杜仲含有こんにやく）は、コンニャク粉としてグルコマンナンと、収穫した杜仲葉と、水とを混練した後、一定時間養生し、その後この混練物に水酸化カルシウムを添加して更に混練し、加熱処理することで作製した。作成した含杜仲こんにやくの外観写真を、杜仲を入れない以外はすべて同じ方法で作製したこんにやくの写真と共に図8に示す。



図8 新しく開発した杜仲含有こんにやくの外観写真（左）と、従来のこんにやく（右）

従来のこんにやくは半透明白色の外観だが、含杜仲こんにやくは、全体が茶色に変色した。クロロゲン酸は、こんにやくを着色する⁹⁾ため、今回作製した含杜仲こんにやくの着色は、杜仲に含まれるクロロゲン酸が含杜仲こんにやく全体に分散していることを示唆した。

水酸化カルシウム量を変化させ、杜仲含有こんにやくと、従来のこんにやくとの固さを同じにそろえた場合のそれぞれのこんにやくのpHは、杜仲含有で約pH8、従来のこんにやくでpH11以上となった。この結果から、杜仲含有こんにやくでは、酸性度が中性に近いこんにやくが製造できることを確認できた。この杜仲含有こんにやくの固化作用については、現時点では、杜仲に含まれるポリイソプレン化合物が寄与していると考えている。一方、この杜仲含有こんにやくの食感及び味は、従来のこんにやくとの違いが判らなかつた。このように酸性度が中性に近いこんにやくを製造できたため、今後は、杜仲含有こんにやくを用いた漬物など、発酵食品への展開を検討したい。

群馬県独自の新しい食材を開発することを目的として、研究を行った。この食材の原材料として、ゲニポシド酸などの機能性成分を含む杜仲に注目し、杜仲を栽培してゲニポシド酸の含有量を測定した。更に栽培した杜仲葉を入れた杜仲含有こんにやくを新しい食材として開発した。この杜仲含有こんにやくは、従来のこんにやくに比べ、酸性度が中性に近い条件でも十分な固さとなることが明らかとなった。この杜仲含有こんにやくについて新規性があると判断したため、特許として出願した¹⁰⁾。

文 献

- 1) 瀬戸山央ほか、日本食生活学会誌、第29巻第2号、105 (2018).
- 2) 矢崎廣久ほか、千葉衛研報告、第22号、5 (1998).
- 3) 廣川隆彦ら、神奈川県産業技術センター研究報告、16、31 (2010).
- 4) 特許第6487746号公報
- 5) 特許第5090617号公報
- 6) 国土交通省気象庁ホームページ.
- 7) 田中康之、日本ゴム協会誌、第43巻第12号、56 (1970).
- 8) 角橋明美ほか、山口県立大学大学院論集第9号、113 (2008).
- 9) 宮越俊一、化学と教育 64巻6号、292 (2016).
- 10) 特願2023-14322号