

R6 特別生徒研究助成報告書

市田柿の皮の活用で、地域の課題を地域の資源に！

下伊那農業高等学校 食品化学科・アグリサービス科 熊谷 虎哲 他6名

I はじめに

南信州の誇る伝統食「市田柿」は500年以上の歴史を持ち、特定の地域の気候や風土・伝統製法等と結びつき、高い品質や評価を得ている農林水産物・食品等の名称（地理的表示）を知的財産として保護する国の制度であるGI登録の商品であり、地域ブランドとして拡大している。しかし、干し柿を製造する際に大量に発生する柿の皮の廃棄が課題となっている。柿の皮は重量の約1割にもなり、年間で約660トンもの皮が排出されている。今後、産業廃棄物としての処分を課せられることが予測され、生産者にとって大きな負担となり、市田柿の生産を阻害する可能性がある。そこで、私たちは3年前から飯田市座光寺自治会と協働し、SDGs12「つくる責任、つかう責任」の実現を目指し、市田柿の皮の有効活用に向けた取り組みを始めた。

私たちは市田柿の皮に含まれる豊富な糖に注目し、柿の皮でアルコール製造を行うことにした。さらに、市田柿の皮から分離した酵母を使えばアルコール発酵がうまくいくのではないかと考え有用酵母の分離にも挑戦した。しかし、市田柿には渋みの成分であるタンニンが多く含まれているため、そのままでは苦くて飲むことは難しい。そこで、タンニンを取り除く方法について検討することにした。タンニンの除去については、昨年まで重曹・クエン酸を用いた方法や、ドライアイス処理、蒸留処理を試してきたが効果が見られなかったため、今回は、ワイン製造においてタンニン除去に使われる方法のゼラチン処理を行うことにした。タンニンがうまく除去できなかった場合は、ガソリンと混ぜ自動車のモビリティの燃料として使用したり、「消毒用アルコール」という医薬品として、皮膚や手術部位の消毒・医療器具の洗浄消毒をしたりなどできるよう実用化に向けて、製造したアルコールを蒸留濃縮し、バイオエタノールとしての利用を考えることにした。

さらに、柿の皮でアルコール製造した際には残渣が出てしまい、柿の皮の処分の解決とならない。アルコール残渣には酵母や乳酸菌が多く含まれるため、飼料や肥料に利用できるのではないかと考え、残渣の利用についても検討することにした。

II 目的

- 1 市田柿の皮のアルコール製造およびゼラチン法による脱渋
- 2 アルコール残渣の飼料化の検討

III 方法

【アルコール製造と脱渋】

- 1 期間 令和6年4月19日（金）～令和6年12月6日（金）
- 2 場所 下伊那農業高校 微生物実験室、加工室
- 3 供試試料
 - ・市田柿の皮（座光寺自治会から5箱の提供）

4 実施内容

〈柿の皮のアルコール製造〉

(1) 器具、試薬

- ・酵母（PERSY）
- ・ピロ亜硫酸カリウム

(2) 手順

- ① 冷凍保存してあった柿の皮を解凍
- ② 柿の皮を鍋で30分かき混ぜながら加熱殺菌（酢酸菌等）
- ③ 酵母が生育できる温度（40℃以下）まで放冷
- ④ 4L瓶に詰め、約37度くらいのぬるま湯に酵母を溶かし添加する
- ⑤ 25～30℃で一週間発酵させる
- ⑥ 毎日かい入れをする

〈柿の皮の渋抜き処理〉

(1) 器具、試薬

- ・メスフラスコ・試験管・マイクロピペット・マグネチックスターラ
- ・遠心管・遠心分離器・分光光度計・10%フェノール試薬・ゼラチン

(2) 手順

- ①ゼラチンを製造したアルコールに 1.5 g /10 L の割合で添加する
- ②アルミホイルで蓋をし、静置

(3) タンニンの定量

- ①測定する試料の上澄みを遠心分離する
- ②上澄み液をとり、原液と 10 倍希釈液をそれぞれつくる
- ③②をマイクロピペットで 1 ml 試験管に分注
- ④フェノール試薬希釈液をマイクロピペットで 5 ml ③にそれぞれ添加
- ⑤3～8 分後に炭酸ナトリウム溶液をマイクロピペットで 4 ml ④にそれぞれ添加
- ⑥室温で 60 分放置し、分光光度計 (765nm) で測定

〈バイオエタノールの製造〉

2 種類の酵母を使ってアルコールを製造しアルコール度数を比較することで使用酵母を検討する

(1) 器具、試薬

- ・蒸留装置・エバポレーター・ナス型フラスコ・丸底フラスコ
- ・ピロ亜硫酸カリウム・酵母 (ワイン酵母 PERSY・パン酵母イースト)

(2) 手順

i アルコール製造

- ①鍋で柿の皮を加熱し酢酸菌を除去
- ②酵母が生育できる温度まで放冷 2 つの容器に分ける
- ③酵母を添加 (片方にワイン酵母もう片方にパン酵母)
- ④30～35℃で 1 週間発酵させる
- ⑤ピロ亜硫酸カリウムを添加し発酵終了

ii 蒸留濃縮

- ①製造したアルコールを搾汁し液体のみにする
- ②蒸留装置を使いアルコール蒸留し、アルコール度数を酒精計で計る
- ③ロータリーエバポレーターで繰り返し濃縮

【アルコール残渣の飼料化】

- (1) 期 間：令和 6 年 6 月 20 日 (木) ～令和 6 年 11 月 21 日 (木)
- (2) 場 所：下伊那農業高校牛舎
- (3) 調査対象：名古屋種 4 羽 (図 1)、昭和 27 (1952) 年に日本養鶏協会が発行された家禽標準に示された名古屋コーチン (図 1)。とさかは鮮赤色で単冠、眼は赤栗色を示し、耳朶 (じだ) は鮮赤色、くちばしは淡黄褐色、脚は灰色である。
- (4) 供試飼料 ①ランナップ (卵用種成鶏用飼料、豊橋飼料㈱)
②柿の皮・残渣 (糖化アルコール発酵処理済み)

(5) 給仕方法

試験区	柿の皮残渣	…	糖化アルコール発酵処理	…	5 割
	通常の飼料				… 5 割
対照区	通常の飼料				…10 割

(6) 飼育歴

- 6 月 20 日 試験区、対照区それぞれに名古屋種を 2 羽ずつ移動。
7 月 5 日 試験区のニワトリに柿の残渣を与え、実験開始。
7 月 21 日 鶏舎の掃除 糞の回収 体重測定 8 月 2 日 体重測定
8 月 10 日 体重測定 8 月 15 日 体重測定 8 月 22 日 体重測定
8 月 29 日 体重測定 9 月 5 日 体重測定 11 月 21 日 と殺

(7) 調査内容と方法

①鶏の体重の変化

7/21～9/5 の鶏の体重の増減をみる。対象区 2 羽、試験区 2 羽の平均をとる

②卵黄の黄身の色

試験区の卵は6個、対照区の卵は7個調査する。色の指標は全農のカラーチャートを使い、指標として記録する。

③鶏糞の発酵温度の調査

試験区、対照区ともにバケツに糞を採取し、温度計（データロガー記録式温度計）を使い、糞の発酵温度の調査及び匂いなどから発酵状態の調査をした。水分を含んでいる柿の皮を与えている時と乾燥させた柿の皮を与えた時の2期間の糞について調査を行う

④肉質の調査

試験区、対照区ともに1羽ずつと殺し、肉質の調査及び食味調査を行う。もも肉、むね肉、筋胃の三か所について見た目及び味などを比較した

IV 結果および考察

1 アルコール製造と脱渋

(1) アルコール製造

たくさんの気泡が発生し、発酵がよく進んだ。しかし5日程度で酢酸の匂いに変化してしまった。柿酢が作られていることから柿の皮に多量な酢酸菌がついていることが原因だと考え、一度柿の皮を加熱消毒してから仕込み、発酵期間を短くすることで8.5度のアルコールができた。



図1 加熱殺菌の様子



図2 8.5度のアルコール

(2) 柿の皮の渋抜き処理

分光光度計によるタンニン量の測定結果は表1の通りである。ゼラチン粉末を添加し一週間静置したところ、タンニン処理ありで2.9ppm、処理無しで3ppmと効果がなかった。柿の皮がpH5.0だとゼラチンがタンニンと結合する前に沈んでしまう性質がある※1そこで実際に柿の皮のアルコールのpHを測定したところ、pH4.8～pH5.0であったことから、処理がうまくいかなかったと考えられる。

そのことから、原料をブドウとするワインではタンニンをゼラチンで処理することができるが、今回の結果から柿のワインにはゼラチン処理が向いていないと考えられる。

表1 タンニン量の測定結果

試料	ABS	タンニン量(ppm)
ブランク(BL)	0.000	0.000
ゼラチンあり	0.546	2.88
ゼラチンなし	0.658	3.00

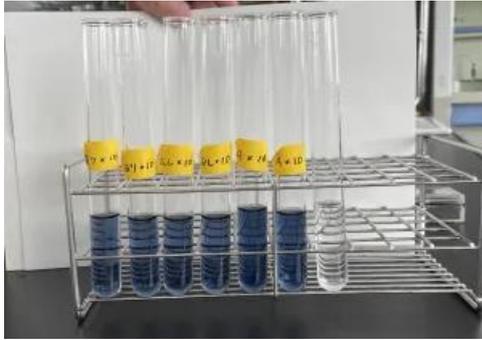


図3 タンニン量の定量



図4 ロータリーエバポレーターによる濃縮

(3) バイオエタノールの製造

1週間発酵させたところ、よりアルコール濃度の高いパン酵母の方を使うことにした。濃縮前のアルコール度数は2.0だった。減圧しているため沸点が低くなっていることに気づき、アルコールの沸点である78℃から55℃まで温度を下げて行った。濃縮の結果は表の通りである(表2)。3回目までは順調に進んだが、4回目で水が入ってしまったため、濃縮しなおした。その後5回目から7回目にかけて濃縮がうまくいき、4%のアルコールから70%以上のアルコールにすることができた。途中水が入ってしまったのは、装置の準備のときにミスがあり空気が入ってしまい減圧できずに水が逆流してしまったと考えられる。

表2 濃縮によるアルコール濃度の変化

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目
濃縮温度(℃)	78	78	55	55	54	53	52
アルコール濃度 (%)	4.3	4.5	17	失敗	17	45	70以上
液体残量 (mL)	1350	1300	200	180	150	70	9

2 アルコール残渣の飼料化

i 結果

(1) 鶏の体重への影響

表3 体重の変化(2羽の平均)

	7/21	8/2	8/10	8/15	8/22	8/29	9/5
試験区	2250	2300	2000	2100	2100	2150	2135
対照区	2500	2525	2500	2500	2525	2525	2425

実験開始からの体重の差(7/21~9/5)は試験区 115g減少(5%減)、対照区 75g減少(3%減)であった。試験区のほうが体重が減少していたが、大きな変化はなかった。

(2) 卵黄への影響



図5 カラーチャート(左から12、13、14)

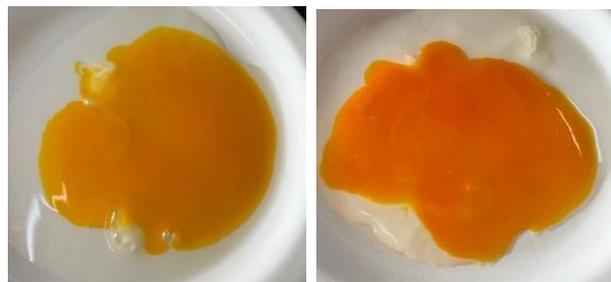


図6 対照区の黄身 図9 試験区の黄身

表 4 試験区の色指標

日付	8/5	8/18	9/3	9/6
試験区 色の指標	13	13	13	13、14
対照区 色の指標	13	13	12、13	13

- ・試験区の卵は一つだけ 14、他はすべて 13 だった、対照区の卵は一つだけ 12、他はすべて 13 だった。指標としては大きな差はなかったが、目で見ると色の変化の差が感じられ、試験区のほうが黄色が強かった。(図 8, 9)

(3) 鶏糞の発酵温度の変化

試験区のほうが糞の量が多かった。湿った柿皮残渣を与えた期間の糞の発酵温度は最初の 2 週間ほどは試験区のほうが対照区よりも約 1℃ほど高かったが、その後は少しずつ対照区のほうが約 0.5 度ほど、高くなった。乾燥した柿皮残渣を与えた期間の糞では、最初の 10 日間ほどは対照区のほうが試験区よりも 0.2~1℃ほど高かったが、その後はどちらも同じ温度、あるいは試験区のほうが対照区よりもわずかに高い温度になった。柿皮残渣の湿乾に関わらず、どちらも試験区の糞のほうが対照区の糞よりも湿っていた。また、糞の匂いについては対照区の糞はアンモニアなどの刺激臭が強かったが、試験区の糞は刺激臭がほとんどしなかった。



図 7 湿った残渣試験区の糞

図 8 対照区の糞

図 9 乾燥した残渣試験区の糞

図 10 対照区の糞

(4) 肉質への影響



図 11 筋胃 左：試験区 右：対照区



図 12 全身 左：対照区 右：試験区



図 13 もも 左：対照区 右：試験区



図 14 むね肉 左：対照区 右：試験区

全体を通して試験区のほうが皮の面の黄色い脂肪が多かった。筋胃ではどちらとも中に入っている砂の量に変わりはない。また、筋肉の量は対照区のほうが若干大きかった。もも肉では、対照区のほうが若干大きかった。食味調査をしたところ、どちらとも硬さ、味ともに大きな違いはなかった。むね肉では対照区のほうが試験区よりも大きく、両胸とも顕著に違いが表れた。

ii 考察

体重の減少量は大きく変わらなかったが、ももとの体重の個体差があったため、肉の量にも影響してしまったと考えられる。しかし、胸肉では試験区のほうが対照区よりも量がかかなり少なかった。柿の皮には通常飼料よりもエネルギーが少なく、たんぱく質も少ないため、肉量の減少にもつながってしまったと考えられる。卵の色では柿の皮に含まれているβカロテンの色素が卵にも表れたため、黄色が濃くなったと思われる。しかし、カラーチャートにして大きく変わるような色の差ではなかった。また、卵黄の味には違いが表れなかったことから、卵黄の色以外に悪影響は及ぼさないと思われる。糞の温度については、湿った柿皮残渣を与えている機関の糞は、試験区のほうがかなり糞が水分を含んでいたのは柿の皮の飼料に多くの水分が含まれていたことが影響したのだと考える。試験区の糞は対照区に比べて1度高く発酵温度の差は小さいが、試験区の糞が湿っていることや刺激臭も少なかったことから、試験区の糞のほうが発酵が促進されたと考えられる。肉量の減少などから飼料の主としての活用はできないと思われる。しかし、卵の色を濃くしたり、糞の発酵促進につながったりなどのメリットがあることが確認できたため、活用方法として補助的飼料としての活用が期待される。今後は飼料玄米を主飼料とし、補助資料として柿皮残渣を加え、カロリー計算や栄養素を分析し、調整をして飼料を調整する必要があると考える。

V 今後の課題

柿の皮を一度加熱殺菌してから発酵をすることでアルコールを製造することができる事がわかったが、ゼラチン法による脱渋の効果は見られなかった。発酵によりタンニン量が減るというこという話もあるため、発酵前後のタンニン量の変化を確認する必要がある。アルコール濃縮では回数を増やすごとにアルコール度数が高くなったが濃縮方法を検討する必要がある。

タンニンがニワトリに悪い影響を与えると思っていたが、ニワトリの体調などに変化はなかったが、肉量の低下につながってしまったため、補助的飼料として活用するなど栄養価を算出して飼料を作る必要がある。肥料にも活用できると思うため、栽培実験や土壌調査を行えば活用方法が広がると思う。

VI 謝辞

今回の研究でご支援してくださった飯田市座光寺自治会の皆様、タンニンの測定方法についてアドバイスをいただいた工業試験場の皆様、本当にありがとうございました。また、試験を行うにあたって、ご協力いただいた先生方、影響が不確かな柿の皮を与え、研究対象にしたニワトリへの感謝を結びの言葉とさせていただきます。本当にありがとうございました。

VII 参考文献

高野克己ほか10名著 「食品科学」実教出版

中西載慶ほか5名著 「微生物利用」実教出版

※₁ゼラチンゲルの特性に及ぼす要因について（第2報）タンニンの影響河村フジ子中島茂代森清美
アピCオクサノグラム（API 20 C AUX）酵母様真菌定

名古屋コーチン協会<https://www.nagoya-cochin.jp/02_about/>

コーチンの庭<https://www.kochins-garden.com/niwatori/Kochin_Material/esa_bad.html>