

原著論文

# 奈良県産カキの果実中タンニンおよび アスコルビン酸含量の変動要因解析

北條雅也・廣岡健司\*

## Analysis of Factors Affecting Tannin and Ascorbic Acid Contents in Persimmon Fruits Grown in Nara Prefecture

HOJO Masaya and HIROOKA Kenji

### Summary

This study analyzed factors affecting variation in tannin and ascorbic acid contents in the major persimmon cultivars of Nara Prefecture, 'Tone-wase' and 'Fuyu', during a three-year period (2017–2019). Analysis of variance revealed that tannin contents in 'Tone-wase' varied significantly with the fruit size and year, and that ascorbic acid contents in 'Fuyu' varied significantly with the year. Correlation analysis with meteorological variables revealed a positive association between the monthly mean minimum temperature for June and with tannin contents. Ascorbic acid contents were negatively correlated with the monthly mean temperature and the monthly mean minimum temperature for June and were positively correlated with the monthly total sunshine duration for June. These results suggest that June climatic conditions during early fruit development are factors influencing tannin and ascorbic acid contents. Furthermore, to provide scientific evidence for functional and nutritional labeling, 95% tolerance intervals at a 95% confidence levels were calculated, with lower limits found for tannin content and both lower and upper limits for ascorbic acid contents. Findings obtained from this study provide fundamentally important data for establishing labeling practices for functional and nutritional foods.

**Key Words:** correlation analysis, functional food labeling, meteorological factors, nutrient function labeling, yearly variation  
キーワード: 栄養機能表示, 機能性表示食品, 気象要因, 年次変動, 相関分析

### 緒言

カキ (*Diospyros kaki* Thunb.) は奈良県における主要な農業生産品目の一つで、2024年度の収穫量は24,700 tである。これは全国シェアの15%を占め、都道府県別収穫量で全国2位となっている(農林水産省, 2025)。2022年度産の品種別栽培面積の割合は、甘ガキの'富有'と'松本早生'がそれぞれ51%、13%、渋ガキの'刀根早生'と'平核無'がそれぞれ21%、11%となっている(農林水産省, 2025)。出荷方法は、市場出荷、直売等あるが、市場出荷の主となるものの一つに奈良県農業協同組合(以下、奈良県農協)による共同出荷があり、西吉野、五條、葛城、萱生および朝和の5つの出荷元がある。出荷元はそれぞれ毎年出荷前には目揃えを行い、選果時には果実品質を確認し、品質管理を行っている。2024年度の出荷実績では、'刀根早生'は西吉野563.6万t、五條110.5万t、葛城0.6万t、朝和1.2万tおよび萱生2.6万t、'富有'は西吉野312.9万t、五條66.3万tおよび葛城0.2万t(奈良県農協, 2025)であり、全国に出荷されている。

近年、消費者の健康志向により、食品に含まれる健康に関わる成分が注目されている。カキには、アスコルビン酸とタンニンが含まれ、アスコルビン酸含量は甘ガキが渋ガキに比べ多い傾向を示し(新川ら, 2011)、タンニンは渋ガキに多く含まれることが知られている(米森・松島, 1983)。

消費者が食品を購入する際に、食品に含まれる栄養成分や機能性成分を考慮して合理的な選択ができるよう、国は安全性や有効性に関する基準などを定め、それに基づいて食品の機能を容器包装に表示する制度を設けている。食品の機能性が表示されている食品には、特定保健用食品、栄養機能食品および機能性表示食品の3種類がある(消費者庁, 2015)。

カキのような生鮮食品においては、成分含量が気候、産地、年次および果実のサイズなどにより変動することがある。そのため、栄養機能食品や機能性表示食品として表示を行う場合には、これらの要因を十分に考慮する必要がある。栄養機能食品として表示する場合には、国が定めた基準値の成分を含有していなければならない。また、機能性表示食品と

\*現 奈良県中和公園事務所

して表示する場合には、届出時に科学的根拠に基づいた成分の下限値を設定し、出荷される果実がその下限値以上の成分を含んでいる必要がある。このように、成分含量は食品表示制度の活用に直結するため、成分の変動要因を把握することが重要となる。

カキに含まれるアスコルビン酸含量、タンニン含量に対して環境要因が与える影響についての報告は限られており、奈良県での研究事例はない。アスコルビン酸については、新川ら (2011) が‘富有’を用いた試験で、地表をポリエチレン製の非透水性マルチで被覆して雨水の侵入を防ぐ水分ストレス処理により、果実中のビタミン C 含量が有意に増加することを報告しており、栽培環境がアスコルビン酸含量に影響を及ぼす可能性が示唆されている。しかし、このような限定的な報告を除けば、環境条件とアスコルビン酸含量の変動との関係を幅広い条件下で検討した研究は限られている。

また、タンニンについても、稲葉ら (1971)、米森・松島 (1985) により発育段階に伴う含量や細胞の変化は報告されており、Tessmer ら (2014) は組織レベルの蓄積様式を明らかにしている。しかし、これらの研究は生育過程に伴う生理的変化を対象としたものであり、環境要因がタンニン含量の年次変動や産地差にどのように関与するかについては明らかにされていない。したがって、アスコルビン酸およびタンニンのいずれについても、環境要因と成分変動の関係性については、依然として未解明の部分が多い。そこで本研究では、奈良県農協から出荷されるカキ果実を用いて、年次、果実サイズおよび出荷元がアスコルビン酸含量、タンニン含量に与える影響について調査した。

## 材料および方法

### 1. 実験方法

#### 1) タンニン含量の定量

2017 年、2018 年および 2019 年のいずれも 10 月において、奈良県農協の西吉野、五條、葛城、朝和および萱生の各出荷元で選果された‘刀根早生’の果実を調査した。出荷元によって年次により入手できなかった果実サイズもあったが、第 1 表のとおり M (161 g~190 g)、2L (211 g~260 g) および 3L (261 g~310 g) の果実をそれぞれ 46 個供試した。果実は、包丁で 4 等分し、切断面をスライサーで約

5 g の切片となるように調製後、分析まで-80℃で保存した。

タンニンの定量はバニリン塩酸法 (Broadhurst・Jones, 1978) に基づき一部改変して下記の通り行った。凍結したカキ約 5 g の切片を 100 ml のナス底フラスコに入れ、1%塩酸-70%メタノール溶液を 100 ml 添加し、冷却管に付けた後、80℃の熱水浴中でフラスコ内の溶液が沸騰してから 30 分間加熱し、タンニンを抽出した。抽出液を 200 ml のフラスコに回収後、カキ残渣の入ったナス底フラスコに再度 1%塩酸-70%メタノール溶液 100 ml 添加し、同様に 80℃の熱水浴中で 30 分間加熱抽出した。2 回目の抽出液を 200 ml のフラスコに回収し、1 回目の抽出液と合わせ、1%塩酸-70%メタノール溶液で 200 ml に定容した。これをメタノールで 2 倍希釈して、200 μl を 2 ml のチューブに入れ、4%バニリン-メタノール溶液 1.2 ml と濃塩酸 600 μl を添加し、よく攪拌した後、暗室で 15 分間静置し測定試料とした。

標準品として (+) カテキンを用い、分光光度計 (V-630, 日本分光 (株)) で 500 nm の吸光度でのカテキンの吸光度を測定し、検量線を作成した。試料も同様に 500 nm における吸光度を測定し、タンニン量を (+) カテキン換算量として示した。

#### 2) アスコルビン酸含量の定量

2017 年、2018 年および 2019 年のいずれも 11 月~12 月に、西吉野、五條および葛城の出荷元で選果された‘富有’の果実を調査した。‘刀根早生’と同様に出荷元によって年次により入手できなかった果実サイズもあったが、第 1 表のとおり M (191 g~220 g)、2L (261 g~310 g) および 3L (311 g~360 g) をそれぞれ 44 個供試した。果実は、包丁で 4 等分し、切断面をスライサーで約 5 g の切片となるように調製後、5%メタリン酸溶液 5 ml に浸漬し、分析を実施するまで-80℃で保存した。

「食品表示法に基づく栄養成分表示のためのガイドライン第 5 版」で示されているアスコルビン酸の定量方法の一つである高速液体クロマトグラフィー法に基づき (消費者庁, 2025)、上田ら (2015) の方法を一部改変してアスコルビン酸の分析を行った。果実をセラミック製の包丁で切断後、切片約 5 g を乳鉢に入れ、5%メタリン酸溶液を 25~30 ml 添加し、乳鉢で破碎して抽出液を得た。抽出液を 50 ml のメスフラスコに入れ、50 ml となるように 5%メタリン酸溶液を加え、1970 ×g で 10 分間遠心分離した。上清 2 ml を 15 ml の蓋付遠沈管に取り、5%メ

第1表 供試サンプル<sup>z</sup>

品種	年次	出荷元	全供試果実サイズ <sup>y</sup>	統計解析果実サイズ <sup>x</sup>			
				分散分析		相関係数	許容区間の下限値
				サイズと出荷元	年次と出荷元		
刀根早生	2017	西吉野	M, 2L, 3L	M, 2L	M	3L	M, 2L, 3L
		五條	M, 2L, 3L	M, 2L	-	3L	M, 2L, 3L
		葛城	M, 2L, 3L	M, 2L	M	3L	M, 2L, 3L
		朝和	M, 2L	M, 2L	M	-	M, 2L
	萱生	M, 2L	M, 2L	M	-	M, 2L	
	2018	西吉野	M, 3L	-	M	3L	M, 3L
		五條	3L	-	-	3L	3L
		葛城	M, 3L	-	M	3L	M, 3L
		朝和	M, 3L	-	M	-	M, 3L
	萱生	M, 3L	-	M	-	M, 3L	
	2019	西吉野	M, 3L	-	M	3L	M, 3L
		五條	3L	-	-	3L	3L
葛城		M, 3L	-	M	3L	M, 3L	
朝和		M, 3L	-	M	-	M, 3L	
萱生	M, 3L	-	M	-	M, 3L		
富有	2017	西吉野	M, 2L, 3L	M, 2L, 3L	3L	M	M, 2L, 3L
		五條	M, 2L, 3L	M, 2L, 3L	3L	-	M, 2L, 3L
		葛城	M, 2L, 3L	M, 3L, 3L	3L	M	M, 2L, 3L
	2018	西吉野	M, 3L	-	3L	M	M, 3L
		五條	M, 3L	-	3L	-	M, 3L
		葛城	M, 3L	-	3L	M	M, 3L
	2019	西吉野	M, 3L	-	3L	M	M, 3L
		五條	3L	-	3L	-	3L
		葛城	M, 3L	-	3L	M	M, 3L

<sup>z</sup> ‘刀根早生’は各果実サイズ n=46, ‘富有’は各果実サイズ n=44

<sup>y</sup> ‘刀根早生’は M (161 g~190 g), 2L (211 g~260 g) および 3L (261 g~310 g), ‘富有’は M (191 g~220 g), 2L (261 g~310 g) および 3L (311 g~360 g)

<sup>x</sup> -はサンプル無しを示す

タリン酸溶液 1 ml を加え, 0.2%2,6-ジクロロインドフェノール溶液を 3 滴添加後混和し, 赤色が 1 分間で消えない程度に, 5%メタリン酸溶液で適宜サンプルを希釈調整した. 2%チオ尿素-5%メタリン酸溶液 2 ml と 2%2,4-ジニトロフェニルヒドラジン-4.5 M 硫酸溶液 0.5 ml を添加後攪拌し, 50°C で 90 分間加熱した. 水冷しながら酢酸エチル 2 ml を添加し, 振とう機 (BW201, ヤマト科学 (株)) で 60 分間振とう後, サンプルの上層 0.5 ml を 1.5 ml のチューブに分取し, ヘキサン 0.5 ml を加えて測定試料とした.

アスコルビン酸含量は, 高速液体クロマトグラフにより測定した. 装置は LC-10AD, CTO-10A ( (株) 島津製作所), 検出器は SPD-10A ( (株) 島津製作所), カラムは Inertsil SIL-100A (5 μm, 250 × 4.6 mmI.D., ジーエルサイエンス (株)), 移動相は 55 : 35 : 10 = 酢酸エチル : ヘキサン : 酢酸, 流速は 1.5 ml/min, カラム温度は 40°C, 検出波長は 495 nm, 注入量は 20 μl とした.

## 2. 統計解析

統計解析には R version 4.5.0 を用いた. 年次によりすべての果実サイズが入手できなかったため, 第 1

表に示すように解析内容により対象とする出荷元, 果実サイズを選定して解析した.

アスコルビン酸含量およびタンニン含量について, 出荷元, 果実サイズおよび年次を要因とする分散分析を行い, Tukey-HSD 検定を行った.

生育期間中の気象条件とカキ果実中のタンニン含量およびアスコルビン酸含量との関係を明らかにするため, 果実の生育期間における月別の気象要因として, 平均気温, 平均最高気温, 平均最低気温, 降水量の合計および日照時間の合計と両成分含量との相関分析を行い, ピアソンの相関係数を求めた. 気象データには気象庁が公表する奈良県五條地点の観測値を使用した. タンニン含量およびアスコルビン酸含量のデータは, 五條地点の周辺に位置する出荷元において, 3 年間のデータが揃っている果実サイズを対象とし, タンニン含量は西吉野, 葛城の M, アスコルビン酸含量は西吉野, 五條, 葛城の 3L の平均値を用いた.

3 年間の測定値を基に Howe (1969) の方法により, タンニン含量とアスコルビン酸含量の信頼率 95% で 95% の許容区間の下限値を求めた.

### 結果

2017 年の‘刀根早生’におけるタンニン含量について、果実サイズで有意差が認められ ( $p < 0.05$ )、2L より M の方が高かった (第 2 表)。一方、出荷元および交互作用には有意差は認められなかった。年次によるタンニン含量の変動を検討するため、2017~2019 年の M について調査した結果、年次に有意差があり、出荷元および交互作用の有意差は認められなかった (第 3 表)。出荷元ごとの年次推移をみると、西吉野および葛城では 2017 年に比べて 2018 年および 2019 年が高い傾向が認められた。一方、朝和および萱生では 2018 年が最も高く、2017 年と 2019 年は比較的近い値を示し、西吉野や葛城とは異なる年次パターンを示した。

このように、年次変動の現れ方は出荷元によって異なっていたが、多重比較の結果、全体としては 2017 年が 2018 年および 2019 年より有意に低く、2018 年と 2019 年の間には有意差は認められなかった。

2017 年の‘富有’のアスコルビン酸含量については、果実サイズ、出荷元および交互作用に有意差は見られなかった (第 4 表)。年次による変動を確認するため、2017~2019 年の 3L を対象に調査した結果、年次に有意差があり、2018 年および 2019 年が 2017 年より低い値を示し (第 5 表)、出荷元および交互作用について有意差は認められなかった。

3 か年の気象データと果実成分との関係を検討するために、タンニン含量およびアスコルビン酸含量と主要な気象要因との相関分析を行った結果、タンニン含量は 6 月の平均最低気温と正の相関を示した (第 6 表)。一方、アスコルビン酸含量は、6 月の平均気温、平均最低気温と負の相関、日照時間の合計と正の相関を示した。

タンニン含量について‘刀根早生’の 95%信頼水準、95%許容区間の下限値を算出したところ、下限値は M では、2017 年で 952 mg/100 gF.W.、2018 年で 1115 mg/100 gF.W.、2019 年で 1148 mg/100 gF.W.、2L では、2017 年で 828 mg/100 gF.W.、3L では、849 mg/100 gF.W.、2018 年で 1006 mg/100 gF.W.、2019 年で 1172 mg/100 gF.W.であった (第 7 表)。

アスコルビン酸含量について‘富有’の 95%信頼水準、95%許容区間の下限値は、M では、2017 年で

67.9 mg/100 gF.W.、2018 年で 49.1 mg/100 gF.W.、2019 年で 57.4 mg/100 gF.W.、2L では、2017 年で 66.0 mg/100 gF.W.、3L では、59.9 mg/100 gF.W.、2018 年で 53.7 mg/100 gF.W.、2019 年で 57.4 mg/100 gF.W.であった (第 8 表)。

第 2 表 果実サイズおよび出荷元が‘刀根早生’のタンニン含量に及ぼす影響

果実サイズ	出荷元	タンニン含量 <sup>z</sup> (mg/100gF.W.)
M	西吉野	1501
	五條	1450
	葛城	1476
	朝和	1535
	萱生	1472
2L	西吉野	1412
	五條	1383
	葛城	1350
	朝和	1277
	萱生	1324
果実サイズ(A)	M	1487
	2L	1349
出荷元(B)	西吉野	1456
	五條	1416
	葛城	1413
	朝和	1406
	萱生	1398
分散分析 <sup>y</sup>	サイズ(A)	*
	出荷元(B)	n. s.
	交互作用(A×B)	n. s.

<sup>z</sup> 2017 年のタンニン含量の平均値 (n=46)

<sup>y</sup> \*は 5%水準で有意差あり, n. s. は有意差がないことを示す

第 3 表 年次および出荷元が‘刀根早生’のタンニン含量に及ぼす影響

年次	出荷元	タンニン含量 <sup>z</sup> (mg/100gF.W.)
2017	西吉野	1501
	葛城	1476
	朝和	1535
	萱生	1472
2018	西吉野	1654
	葛城	1588
	朝和	1593
	萱生	1642
2019	西吉野	1651
	葛城	1580
	朝和	1535
	萱生	1512
年次 (A)	2017	1496 b <sup>y</sup>
	2018	1619 a
	2019	1569 a
出荷元 (B)	西吉野	1602
	葛城	1548
	朝和	1554
	萱生	1542
	分散分析 <sup>x</sup>	年次(A)
	出荷元(B)	n. s.
	交互作用(A×B)	n. s.

<sup>z</sup> M サイズのタンニン含量の平均値 (n=46)

<sup>y</sup> カラム内の異なる英文字は、Tukey-HSD 検定において 1%水準で有意差があることを示す

<sup>x</sup> \*\*は 1%水準で有意差あり, n. s. は有意差がないことを示す

第4表 果実サイズおよび出荷元が‘富有’のアスコルビン酸含量に及ぼす影響

果実サイズ	出荷元	アスコルビン酸含量 <sup>z</sup> (mg/100gF. W.)
M	西吉野	93.7
	五條	94.3
	葛城	97.8
2L	西吉野	94.0
	五條	93.6
	葛城	90.9
3L	西吉野	95.4
	五條	89.4
	葛城	89.1
サイズ(A)	M	95.3
	2L	92.9
	3L	91.3
産地(B)	西吉野	94.4
	五條	92.4
	葛城	92.6
分散分析 <sup>y</sup>	サイズ(A)	n. s.
	出荷元(B)	n. s.
	交互作用(A×B)	n. s.

<sup>z</sup> 2017年のアスコルビン酸含量の平均値 (n=44)<sup>y</sup> n. s. は有意差がないことを示す

第5表 年次および出荷元が‘富有’のアスコルビン酸含量に及ぼす影響

年次	出荷元	アスコルビン酸含量 <sup>z</sup> (mg/100gF. W.)
2017	西吉野	95.4
	五條	89.4
	葛城	89.1
2018	西吉野	78.9
	五條	79.9
	葛城	81.8
2019	西吉野	79.9
	五條	81.1
	葛城	76.4
年次(A)	2017	91.3 b <sup>y</sup>
	2018	80.2 a
	2019	79.2 a
出荷元(B)	西吉野	84.7
	五條	83.5
	葛城	82.4
分散分析 <sup>x</sup>	年次(A)	**
	出荷元(B)	n. s.
	交互作用(A×B)	n. s.

<sup>z</sup> 3Lサイズのアスコルビン酸含量の平均値 (n=44)<sup>y</sup> カラム内の異なる英文字は、Tukey-HSD検定において1%水準で有意差があることを示す<sup>x</sup> \*\*は1%水準で有意差あり，n. s. は有意差がないことを示す第6表 生育期間中における気象条件とタンニン含量およびアスコルビン酸含量との相関係数<sup>z</sup>

成分 <sup>y</sup>	月	平均気温 <sup>x</sup>	平均最高気温	平均最低気温	降水量の合計	日照時間の合計
タンニン	5月	-0.97	-0.58	-0.72	0.63	-0.30
	6月	1.00	0.63	1.00 * <sup>w</sup>	0.97	-0.99
	7月	-0.21	-0.24	-0.42	0.95	0.06
	8月	0.95	0.07	-0.19	0.29	0.50
	9月	0.59	0.28	0.96	0.45	-0.05
	10月	0.46	0.89	-0.02	-0.83	0.82
アスコルビン酸	5月	0.94	0.49	0.80	-0.54	0.20
	6月	-1.00 *	-0.71	-1.00 *	-0.93	1.00 ***
	7月	0.31	0.34	0.52	-0.98	0.05
	8月	-0.91	0.04	0.08	-0.40	-0.40
	9月	-0.68	-0.38	-0.99	-0.35	-0.06
	10月	-0.56	-0.94	-0.09	0.77	-0.75
	11月	-0.92	-0.98	-0.84	0.78	-0.05

<sup>z</sup> 月ごとに各気象データと成分含量について相関分析を行い、ピアソンの相関係数を求めた<sup>y</sup> タンニン含量は西吉野と葛城のM，アスコルビン酸含量は西吉野，五條および葛城の3Lの2017年，2018年，2019年の平均値を用いた<sup>x</sup> 気象データは気象庁の奈良県五條地点のデータを使用した<sup>w</sup> \*は5%水準，\*\*\*は0.1%水準で有意であることを示す

第 7 表 ‘刀根早生’ のタンニン含量の許容区間の下限値 (mg/100gF.W.)

	果実サイズ	2017年	2018年	2019年
下限値 <sup>z</sup>	M	952 <sup>y</sup>	1115	1148
	2L	828	- <sup>x</sup>	-
	3L	849	1006	1172

<sup>z</sup> 信頼率 95% で 95% の許容区間

<sup>y</sup> 2017 年の M および 2L は西吉野, 五條, 葛城, 朝和, 萱生 (n=230), 3L は西吉野, 五條, 葛城 (n=138), 2018 年の M は西吉野, 葛城, 朝和, 萱生 (n=184), 3L は西吉野, 五條, 葛城, 朝和, 萱生 (n=230), 2019 年の M は西吉野, 葛城, 朝和, 萱生 (n=184), 3L は西吉野, 五條, 葛城, 朝和, 萱生 (n=230) の測定値を基にした値 (mg/100gF.W.)

<sup>x</sup> -はデータ無を示す

第 8 表 ‘富有’ のアスコルビン酸含量の許容区間の上限値と下限値 (mg/100gF.W.)

許容区間	果実サイズ	2017年	2018年	2019年
上限値 <sup>z</sup>	M	122.7 <sup>y</sup>	100.6	92.5
	2L	119.8	- <sup>x</sup>	-
	3L	122.7	106.7	101.0
下限値	M	67.9	49.1	57.4
	2L	66.0	-	-
	3L	59.9	53.7	57.4

<sup>z</sup> 信頼率 95% で 95% の許容区間

<sup>y</sup> 2017 年の M, 2L 及び 3L は西吉野, 五條, 御所, 朝和, 萱生 (n=132), 2018 年の M および 3L は西吉野, 五條, 御所 (n=132), 2019 年の M は西吉野, 御所 (n=88), 3L は西吉野, 五條, 御所 (n=132) の測定値を基にした値 (mg/100gF.W.)

<sup>x</sup> -はデータ無を示す

## 考察

本研究は, 3 か年にわたり県内の出荷元で集荷された ‘刀根早生’, ‘富有’ についてタンニン含量とアスコルビン酸含量を調査した。

本研究で得られた ‘刀根早生’ の可溶性タンニン含量は, 果実サイズ M を対象とした 3 年間の測定値 (第 3 表) から 1496~1619 mg/100 gF.W. (約 1.5~1.6%) を示し, ‘平核無’ (不完全渋ガキ) で 0.2~2% 程度とする既報 (稲葉ら, 1971; 米森・松島, 1985) の範囲内であった。 ‘富有’ のアスコルビン酸含量は, 果実サイズ 3L を対象とした 3 年間の測定値から 79~91 mg/100 gF.W. (第 5 表) であり, ‘富有’ について新川ら (2011) が報告した 80~98 mg/100 gF.W. とおおむね同程度であった。いずれの先行研究においても果実サイズは記載されていないが, 本研究で得られた両成分の値はいずれも既報の範囲内にあり, 妥当な水準であった。

‘刀根早生’ のタンニン含量は果実サイズによって有意な差が認められ, 2L よりも M で高い値を示した (第 2 表)。米森・松島 (1985) は ‘平核無’ (不完全渋ガキ) は 7 月下旬までタンニン細胞が肥大するのに対して, ‘富有’ 等の完全甘ガキは, タンニン細胞の肥大が 6 月下旬に停止し, 単位面積当

りのタンニン細胞数は品種間で大きな差異がないことから, 渋味の減少は果実の肥大に伴いそれらが希釈されることによって起こることを報告している。また, Tessmer ら (2014) は ‘富有’ と ‘Giombo’ (不完全渋ガキ) を形態学的に調査し, タンニン細胞が果実発育の初期段階で出現し, タンニン細胞の密度の違いは渋みに影響する要因の一つであることを示している。今回観察された M でのタンニン含量の高さは, 果実サイズが小さいため肥大による希釈効果が相対的に小さく, 単位重量あたりのタンニン細胞の占める割合が大きかったことが考えられるが, 要因については今後の検討が必要である。

‘刀根早生’ のタンニン含量と ‘富有’ のアスコルビン酸含量について年次差が認められたため, 3 か年のデータを用いて気象要因との相関を検討した。その結果, 両成分について 6 月の気象条件と有意な相関がみられた (第 6 表)。6 月において, タンニン含量は平均最低気温と正の相関を示し, アスコルビン酸含量は平均気温・平均最低気温と負の相関, 日照時間の合計と正の相関を示した。

また, タンニン含量については出荷元によって年次の変動の現れ方が異なる傾向がみられた (第 3 表)。西吉野の果実は五條市の園地, 葛城の果実は御所市および葛城市の園地から集荷されたもので,

五條市は奈良県南部、御所市および葛城市は奈良県中部に位置する。一方、朝和および萱生の果実は奈良県北部地域に位置する天理市の園地から集荷されている。このように、中部・南部と北部という地理的条件の異なる地点間で年次変動のパターンに違いがみられた。一方、アスコルビン酸含量については、いずれの出荷元でも 2017 年がやや高く、2018 年および 2019 年が近い値を示すなど、おおむね類似した年次推移を示した（第 5 表）。西吉野、五條および葛城のいずれの地点も奈良県中南部に位置しており、本研究ではアスコルビン酸含量について明瞭な地域差は確認されなかった。カキ果実中に含まれるタンニンおよびアスコルビン酸は、それぞれ異なる代謝経路によって合成される成分である。タンニンはフェニルプロパノイド経路およびフラボノイド生合成経路によって合成され（Akagi, 2011）、抗消化作用や抗菌作用を通じて植物を草食動物や病原菌の攻撃から保護し、さらに、渋みによって未熟果実の摂取を阻害する（Iqbal・Poór, 2025）。また、今回供試した‘刀根早生’と同じ不完全渋ガキの‘平核無’の調査で 6 月に可溶性タンニン含量が最も多いことが報告されている（稲葉ら, 1971；米森・松島, 1985）。一方、植物におけるアスコルビン酸は主に L-galactose 経路を通じて合成され、光はアスコルビン酸の生合成と蓄積に影響を及ぼす主要な環境要因とされる（Castro ら, 2023）。また、稲葉ら（1971）は、カキのアスコルビン酸含量が生育初期に高く、その後徐々に低下することを示している。キウイフルーツでも生育初期に高く、その後低下する季節内変動が報告されており、生育期の高温は果実のデンプンおよび乾物とともにアスコルビン酸含量を低下させ、とくに初期～中期の温度条件が後期の蓄積に影響しうることが示唆されている（Richardson ら, 2004）。6 月の年次別の気象データでは最大で、平均気温では 1°C、平均最低気温では 2.4°C、日照時間の合計では約 19 時間の差であった（データ省略）。これらの気象差は、果実中のタンニン含量およびアスコルビン酸含量に影響を及ぼしうることが示唆された。

ただし、本研究は 3 か年の限定的なデータに基づくため、今後はさらに多年度の調査より、生育期間中の気象環境が各成分に与える影響を検討する必要がある。また、本研究で用いたサンプルは選果場へ集荷された果実であるため、園地ごとの施肥管理や土壌条件、樹齢や樹体状態といった栽培要因の情報

は取得していない。そのため、タンニン含量で見られた出荷元間の年次変動の違い（第 3 表）が、県内地域の気候差に由来するのか、あるいは園地レベルの栽培管理の違いに起因するのかを本研究のデータのみから判断することはできなかった。これらの要因が成分含量に及ぼす影響の評価は、今後の検討課題である。

カキの都道府県別収穫量が全国第 1 位の和歌山県では、県産カキを対象に、2017 年からアスコルビン酸について栄養機能食品として、2023 年からタンニンについて機能性表示食品として、それぞれ機能性の表示を行った販売が開始されており、カキの果実中の成分含量を表示制度に結びつけた先行事例である（朝日新聞デジタル, 2023；日経バイオテク, 2017）。

和歌山県農業協同組合連合会は「柿タンニンを 1 日 2.1 g 摂取し、それを 4 週間継続することで LDL コレステロール値を有意に低下させる」という臨床試験の成果（鈴木ら, 2023）を科学的根拠として、生鮮食品である柿（商品名「和歌山のたねなし柿」）を 2023 年 8 月に機能性表示食品として消費者庁に届け出、受理された（消費者庁, 2023）。現在は機能性表示食品として販売されており、1 日当たりの摂取目安量は可食部 200 g（約 1 個）を食することを想定している。この目安量の設定は、臨床試験で効果が認められた摂取量である柿タンニン 2100 mg に基づいており、1 個の柿にこれと同量の柿タンニンが含まれることから、1 個を目安として摂取することが推奨されている。

アスコルビン酸（ビタミン C）は、栄養機能食品として機能性を表示できる成分の一つであり、その栄養機能表示として「ビタミン C は、皮膚や粘膜の健康維持を助けるとともに、抗酸化作用を持つ栄養素です。」という文言を、国が定めた表現として使用できる（消費者庁, 2025）。この表示を行うためには、1 日当たりの摂取目安量に含まれるビタミン C 量が、下限値 30 mg 以上、上限値 1000 mg 以下である必要がある。また、栄養強調表示として「ビタミン C が豊富です」などと表示する場合は、可食部 100 g 当たり 30 mg 以上含有していることが必要である（消費者庁, 2025）。

本研究では、食品表示で求められる一定量以上の成分を安定的に含むという要件に照らし、表示の適否を検討する際の参考情報となるよう、‘刀根早生’ではタンニン含量の許容区間下限値、‘富有’では

アスコルビン酸含量の許容区間上限値・下限値を算出した。

タンニンについては、和歌山県の機能性表示食品では、1個(200g)あたり2100mgの柿タンニンを摂取できることが条件となっており、例えば2019年のMの下限値は1148 mg/100 gF.W.で、3Lの下限値は1172 mg/100 gF.W.であり、両サイズとも新鮮重200g当たりで2100 mg/100 gF.W.以上となった(第7表)。しかし、2018年については、Mは1115 mg/100 gF.W.で条件の値以上あったが、3Lは1006 mg/100 gF.W.で条件の値以下となった。さらに2017年はM、2L、3Lで条件の値以下となった。

本研究によりタンニン含量の変動の要因は、果実サイズと年次であることが示された(第2表、第3表)。和歌山県の届出の「規格外の製品の流通を防止するための体制等」において、収穫初期のタンニン含量が1050 mg/100 gF.W.以上であれば、その年の柿は規格を満たすため、初期の柿を検査することで規格外管理を行うとしている(消費者庁, 2023)。奈良県においても、和歌山県と同様に鈴木ら(2023)の研究成果を科学的根拠として機能性表示を申請する場合には、本研究で明らかとなったように、タンニン含量には年次および果実サイズによる変動があることを踏まえた対応が必要である。そのため、1日当たりの摂取目安量を和歌山県と同様に200gに設定するかどうか、また、Mのみを対象とするのか、全サイズを含めるのかなど、表示の対象とする果実サイズや条件設定について検討する必要がある。また、年次については、和歌山県が実施しているように収穫初期における成分検査体制の整備など、運用面での体制構築が求められる。一方、出荷元間に有意な差は認められなかったことから(第2表)、表示値の設定においては、特定の出荷元の代表値を基準とすることも可能であると考えられる。

アスコルビン酸含量については果実サイズ間で有意差は認められなかったが、年次によって差がみられた(第4表、第5表)。許容区間の上限値と下限値の中で最も低い値は2018年のMで49.1 mg/100 gF.W.、最も高い値は2017年の2Lおよび3Lで、いずれも122.7 mg/100 gF.W.であった(第8表)。可食部200gとした場合、それぞれの含量は98.2 mgおよび245.4 mgに相当する。最も低い98.2 mgであっても、栄養機能食品および栄養強調表示に必要な下限値30 mgを上回っている。さらに、最も高い値である245.4 mgも栄養機能食品の上限値1000 mgを下

回っていることから、両表示の条件を満たしており、有意差の認められた年次によらず両表示が可能であることが確認された。

本研究では、奈良県産カキに含まれるタンニン含量およびアスコルビン酸含量について、年次や果実サイズ、気象条件に応じた変動要因を明らかにした。加えて、機能性表示および栄養成分表示の制度活用に向けた基礎資料としてタンニン含量の下限値とアスコルビン酸含量の上限値・下限値を試算した。これらの成果は、今後の制度的対応や表示運用の検討に資するものと考えられる。

## 摘要

本研究では、奈良県の主要カキ品種である‘刀根早生’および‘富有’を対象に、2017~2019年の3年間にわたり果実中のタンニン含量およびアスコルビン酸含量の変動要因を解析した。分散分析の結果、‘刀根早生’のタンニン含量は果実サイズおよび年次によって有意差が認められ、‘富有’のアスコルビン酸含量は年次によって有意差が認められた。気象要因との相関分析では、6月の平均最低気温がタンニン含量と正の相関を示し、アスコルビン酸含量は、6月の平均気温、平均最低気温と負の相関、日照時間の合計と正の相関を示した。これらの結果から、6月の果実初期生育期における気象条件がタンニン含量とアスコルビン酸含量に影響することが示唆された。さらに、機能性表示および栄養成分表示の科学的根拠とするため、95%信頼水準における95%許容区間を用いて、タンニン含量については下限値を、アスコルビン酸含量については下限値および上限値を算出した。本研究の成果は、機能性表示食品や栄養機能食品としての表示および品質管理体制の構築に資する基礎資料となる。

## 引用文献

- Akagi, T., A. Katayama-Ikegami and K. Yonemori. Proanthocyanidin biosynthesis of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit. *Sci. Hortic.* 2011, 130, 373-380.
- 朝日新聞デジタル. “柿食えば、悪玉コレステロール下げる効果 JA 和歌山県連など発表”.

- 2023-09-08. <https://www.asahi.com/articles/ASR976RL8R96PXLB00J.html>, (参照 2025-07-30) .
- Broadhurst, R.B. and W.T. Jones. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *J. Sci. Food Agric.* 1978, 29(9), 788-794.
- Castro, J.C., C.G. Castro and M. Cobos. Genetic and biochemical strategies for regulation of L-ascorbic acid biosynthesis in plants through the L-galactose pathway. *Front. Plant Sci.* 2023, 14, 1099829.
- Howe, W.G.. Two-sided tolerance limits for normal populations: Some improvements. *J. Am. Stat. Assoc.* 1969, 64(326), 610-620.
- 稲葉昭次, 傍島善次, 石田雅士. カキ果実中の主要成分の季節的変化. *京都府大学報・農.* 1971, 23, 24-28.
- Iqbal, N. and P. Poór. Plant protection by tannins depends on defence-related phytohormones. *J. Plant Growth Regul.* 2025, 44(1), 22-39.
- 奈良県農業協同組合. 令和 6 年度「奈良の柿」販売反省会 令和 6 年度柿出荷元別販売実績<市場出荷>. 2025.
- 新川 猛, 鈴木哲也, 尾関 健, 三宅紀子, 倉田忠男. カキ果実のビタミン C 含量の品種間差異および樹への非透水性マルチ処理によるビタミン C 含量の向上. *園学研.* 2011, 10(2), 225-231.
- 日経バイオテク. “柿トップの和歌山県, ビタミン C の栄養機能表示を 9 月開始”. 2017-10-11. <https://bio.nikkeibp.co.jp/atcl/news/p1/17/10/11/03328/>, (参照 2025-07-30) .
- 農林水産省. “近畿における令和 6 年産かき収穫量等の概要 (和歌山県, 奈良県)”. 統計調査結果. 2025-04-15. [https://www.maff.go.jp/kinki/toukei/d/pdf/06\\_kaki.pdf](https://www.maff.go.jp/kinki/toukei/d/pdf/06_kaki.pdf), (参照 2025-08-01) .
- Richardson, A.C., K.B. Marsh, H.L. Boldingh, A.H. Pickering, S.M. Bulley, N.J. Frearson, A.R. Ferguson, S.E. Thornber, K.M. Bolitho and E.A. MacRae. High growing temperatures reduce fruit carbohydrate and vitamin C in kiwifruit. *Plant Cell Environ.* 2004, 27(4), 423-435.
- 消費者庁. “「機能性表示食品」って何?”. 機能性表示食品について. 2015-07. [https://www.caa.go.jp/policies/policy/food\\_labeling/foods\\_with\\_function\\_claims#m01](https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/foods_with_function_claims#m01), (参照 2025-08-08) .
- 消費者庁. “機能性表示食品の届出情報検索”. 様式 I: 届出食品の科学的根拠等に関する基本情報 (一般消費者向け) . 2023-08. [https://www.fld.caa.go.jp/caaks/s/cssc01/fwccd01?c\\_id=a09F900004sk8NrIAI](https://www.fld.caa.go.jp/caaks/s/cssc01/fwccd01?c_id=a09F900004sk8NrIAI), (参照 2025-07-09) .
- 消費者庁. “食品表示法に基づく栄養成分表示のためのガイドライン (第 5 版)”. 【事業者の方向け】 栄養成分表示を表示される方へ. 2025-04-01. [https://www.caa.go.jp/policies/policy/food\\_labeling/nutrient\\_declaration/business/assets/food\\_labeling\\_cms206\\_250403\\_12.pdf](https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/nutrient_declaration/business/assets/food_labeling_cms206_250403_12.pdf), (参照 2025-08-29) .
- 鈴木利雄, 森口仁文, 尾崎嘉彦, 米谷 俊, 福田正博. 健常者を対象とした柿タンニンの血中脂質パラメーターに及ぼす効果—健常域の被験者における LDL コレステロール, HDL コレステロール, non-HDL コレステロール, 中性脂肪の解析—. *薬理と治療.* 2023, 51(1), 137-151.
- Tessmer, M.A., R.A. Kluge and B. Appezzato-da-Glória. The accumulation of tannins during the development of ‘Giombo’ and ‘Fuyu’ persimmon fruits. *Sci. Hortic.* 2014, 172, 292-299.
- 上田京子, 塚谷忠之, 村山加奈子, 倉田有希江, 竹田絵里, 大塚崇文, 高井美佳, 宮崎義之, 立花宏文, 山田耕路. ブロッコリーのビタミン C, S-メチルメチオニン, ポリフェノール含有量の部位別解析と細胞機能への影響. *食科工誌.* 2015, 62(5), 242-249.
- 米森敬三, 松島二良. 甘ガキと渋ガキのタンニン物質の差異について. *園学雑.* 1983, 52(2), 135-144.
- 米森敬三, 松島二良. カキ果実のタンニン細胞の発育過程と自然脱渋との関連について. *園学雑.* 1985, 54(2), 201-208.