

袋掛けの有無が山口県産リンゴの品質に及ぼす影響

Effect of bagging on quality of apples cultivated in Yamaguchi prefecture

人見 英里¹⁾、長崎 有希¹⁾、赤山 緩奈¹⁾

Eri Hitomi¹⁾, Yuuki Nagasaki¹⁾, Kanna Akayama¹⁾

This study aimed at inspecting the difference in the quality of apples which have been cultivated employing either bagged or unbagged methods in an apple farm located in Atou, Yamaguchi City, Yamaguchi Prefecture. The apples subjected were; 1) 2015: 4 varieties including Houmei, Ryoka-no-kisetsu, Akibae, and Hoshi-no-kinka 2) 2016: 6 varieties including Houmei, Shinano-sweet, Ryoka-no-kisetsu, Yoko, Hoshi-no-kinka, Ourin. The apples from the same respective trees were set either to be bagged or unbagged to be analyzed for their differences. The inspected components were; size, surface color, acidity, L-malic acid concentration, pH, potassium concentration, sugar concentration, sugar composition on glucose, fructose and sucrose, total polyphenol, DPPH radical-scavenging activity. The significant difference obtained was larger volume of sugar in all the unbagged apples, which summed up the amounts of fructose, sucrose and glucose thereof. The differences found with other inspected items between the bagged and unbagged, however, varied depending on the varieties of apple and the year.

These results indicate the tendency of increased sugar concentration with unbagged apples, making them taste sweeter. The overall difference possibly influenced by each method of bagging, however, is inferred to vary by other conditions such as variety of apple or climate.

Key words : apple, bagging, bagged, unbagged, sugar concentration

キーワード : リンゴ、袋掛け、有袋、無袋、糖度

緒言

リンゴ(英名 Apple; 学名 *Malus domestica* Borkh.) はバラ科ナシ亜科リンゴ属の植物である¹⁾。西アジアのカフカス山脈地方が原産地とされ、日本のリンゴ栽培は明治4年にアメリカから導入された^{1) 2)}。その後多数の品種が導入され、昭和40年頃までは、国光や紅玉などの外来品種を基礎に成長し、それ以後は、日本で育成された「ふじ」や「つがる」などを

軸に展開し、現在では約2000種類の品種が存在している^{3) 4)}。日本では、主に青森県、長野県等の寒冷地で生産されるが、九州、中国の産地でも少量ではあるが暖地リンゴとしての生産がみられる⁵⁾。

リンゴの栽培方法には、有袋栽培と無袋栽培がある。有袋栽培は、幼果に袋を被せて育て、収穫約1ヵ月前に袋を剥がし太陽光に当てる方法である⁶⁾。これに対して無袋栽培は、袋を被せずに栽培する方法

1) 山口県立大学 看護栄養学部 栄養学科

Yamaguchi Prefectural University, Faculty of Nursing and Human Nutrition, Department of Human Nutrition

*連絡先 hitomi@yamaguchi-pu.ac.jp

である⁶⁾。有袋栽培は、もともと果実の害虫を防ぐために用いられた栽培方法であったが、現在ではリンゴ果実の擦り傷軽減以外に、主として着色増加による外観向上のための手段として用いられている⁷⁾。そのため有袋栽培により育った有袋果は、均一に着色し、高価格で販売される⁷⁾。一方、無袋果は、着色はまだらであるものの、糖度が高まり、味の向上が図れるため、今後拡大したい技術とされている⁸⁾。また、無袋栽培は有袋栽培に比べ袋をかけ、収穫前に袋を除去する労力を必要としないため、生産費低減にもつながることが期待される。

しかし、これまでの研究では、有袋果に比べ無袋果の糖度が高い⁶⁾とされる一方で、有袋果に比べ無袋果の糖度が低い⁹⁾という、相反する報告があり、どちらの栽培方法がリンゴ果実の品質向上に適しているのか明確となっていない。我が国では、外観を重視する消費者が多く、着色が均一でなく有袋果に比べて傷のある無袋果では販売価格の低下も問題とされている¹⁰⁾。

山口市の北部に位置する阿東地域では、山口県の農産品の一つであるリンゴが栽培されている。阿東地区のリンゴ栽培は昭和21年から始まり、昭和50年代から、もぎ取り観光を中心としたリンゴ栽培に取り組んでいる¹¹⁾。現在ではシーズン中、20を越えるりんご園が開園している。山口のような暖かい土地でできるリンゴは、果肉が柔らかく、糖度が高いのが特徴である¹¹⁾。農業は山口市において主要産業であるが、農家の数が減少している現状がある¹²⁾。山口市において平成7年に9204人だった農業就業者数は平成12年7541人、平成22年5289人と15年間で約4割減少している。また、山口市阿東地区や徳地地区などの中山間地域では、農林業の担い手の高齢化が進み後継者不足が深刻になっている¹²⁾。少ない労力で栽培できる無袋栽培リンゴが有袋栽培リンゴと同等あるいはより高品質であることが明らかになれば、阿東地区のリンゴ産業の存続および活性化に貢献できると考えられる。

そこで本研究では、有袋栽培ならびに無袋栽培された山口県産リンゴ果実の特性について検討することを目的とした。

実験方法

1. リンゴの栽培方法

実験に用いたリンゴは平成26年及び27年に山口

県阿東地福の観光リンゴ園で栽培されたもので、いずれも同一の木において袋掛けをしない果実と袋掛けを行う果実を設けた。平成26年は、「芳明」、「秋映」、「涼香の季節」、「星の金貨」の4品種を、平成27年は「芳明」、「シナノスイート」、「涼香の季節」、「陽光」、「星の金貨」、「王林」の計6品種を用いた。いずれも収穫期は8月下旬から10月中旬である (Table 1)。有袋栽培における袋かけは、平成26年6月28日～7月10日、平成27年5月25日に行った。通常、有袋リンゴは収穫前に袋を除去し太陽光を浴びせ着色させるが、本研究では差異を見るため収穫時まで袋を被せたままのものを用いた。

2. 果実サイズ、色差

無袋果実、有袋果実のいずれについても、重量、果実の横径、縦径、色差について測定した。重量は電子天秤を用いて測定した。横径、縦径は、プラスチックデジタルノギス (株式会社ミットヨ) で測定した。色差は、測色色差計 (測色色差計 Z-II 300A: 日本電色工業株式会社) を用いて各リンゴ果実の果皮の色差 ($L^*a^*b^*$ 値) を90度ずつ回転させて赤道上の4点で測定し、平均値を求めた。

3. リンゴ果汁試料の調製

重量、直径、高さ、色差の測定後、リンゴ果実の果芯を除き12等分し、皮つきのまま、低速ジュースャー (ヘルシオ ジュースプレッソ EJ-CP10B: シャープ株式会社) にて1個体ずつ搾汁した。搾汁した果汁は、2500rpm、4℃で25分間、遠心分離 (高速大容量冷却遠心機 7000: 久保田商事株式会社) し、得られた上清を-20℃にて冷凍保存し、測定時に解凍して用いた。

Table 1 各品種の収穫日

収穫年	品種名	収穫日
H26	芳明	平成26年9月2日
	秋映	平成26年9月29日
	涼香の季節	平成26年10月3日
	星の金貨	平成26年10月15日
H27	芳明	平成27年8月24日
	シナノスイート	平成27年9月22日
	涼香の季節	平成27年9月25日
	陽光	平成27年10月6日
	星の金貨	平成27年10月12日
	王林	平成27年10月19日

写真 実験に用いたリンゴ果実



写真 1-1 芳明（無袋）



写真 1-2 芳明（有袋）



写真 2-1 シナノスイート（無袋）



写真 2-2 シナノスイート（有袋）



写真 3-1 涼香の季節（無袋）



写真 3-2 涼香の季節（有袋）



写真 4-1 陽光（無袋）



写真 4-2 陽光（有袋）



写真 5-1 星の金貨（無袋）



写真 5-2 星の金貨（有袋）



写真 6-1 王林（無袋）



写真 6-2 王林（有袋）



写真 7-1 秋映（無袋）



写真 7-2 秋映（有袋）

4. 酸度

前項で調製した上清をマイクロチューブに分注し、12,000 rpm、4℃で5分間、遠心分離（テーブルトップマイクロ冷却遠心機 3500：久保田商事株式会社）した。得られた上清を 20 ml 三角フラスコに 1 ml 採取し、指示薬としてフェノールフタレイン溶液を 1 滴加え、0.1N 水酸化ナトリウム溶液（和光純薬工業株式会社 容量分析用 $f=1.001$ ）で滴定し、薄いピンク色が 30 秒間消えない時点を終点とした。滴定は 3 連で行い、有機酸量は、リンゴ酸として酸度を求めた。

$$\text{食品中の有機酸量 (\%)} = a \times f \times b \times 1/s \times 100$$

a：0.1N 水酸化ナトリウム溶液の平均滴定値 (ml)

f：0.1N 水酸化ナトリウム溶液の 1ml に相当する
リンゴ酸量 (g)：0.0067

b：0.1N 水酸化ナトリウム溶液の力価：1.001

s：試料の採取量 (ml)：1

5. L-リンゴ酸量

測定には、果汁を 50 倍希釈したものを用い市販の酵素法リンゴ酸測定キット (F-キット L-リンゴ酸、J.K. インターナショナル社) を用いて測定した。結果は、リンゴ果汁 1L 当たりの L-リンゴ酸 (g) として表した。

6. pH 及びカリウム濃度

果汁の pH は、ガラス電極式水素イオン濃度計 (堀場製作所)、カリウム濃度はコンパクトカリウムイ

オンメータ (LAQUAtwin B-731：堀場製作所) を用いて測定した。

7. 糖度、糖組成 (グルコース、フルクトース、ショ糖)、全糖量

果汁の糖度は、ポケット糖度計 (液体濃度計：アズワン株式会社、APAL-1) を用いて測定した。グルコース、フルクトース、ショ糖量は、果汁を 500 倍希釈したものを用い、市販酵素法キット (F-キット ショ糖/グルコース/フルクトース：J.K. インターナショナル) を用いて測定し、リンゴ果汁 1L 当たりのショ糖、グルコース、フルクトース量 (g) で表した。全糖量は、上記の 3 種類の糖の量を合計したものとした。

8. 糖酸比

糖度と酸度の測定結果を用い、糖度を酸度で除して、糖酸比を求めた。

9. 総ポリフェノール量

総ポリフェノール量は、Folin-Denis 法を一部改変して測定した。標準物質として没食子酸 (片山化学工業株式会社) を用い、Folin-Denis 試薬のかわりに Folin-Ciocalteu's Phenol Reagent (シグマアルドリッチジャパン) を使用した。没食子酸標準液または 10 倍に希釈果汁 0.5 ml を 2 ml 容マイクロチューブに入れ、2 倍希釈した Folin-Ciocalteu's Phenol Reagent 0.5 ml を加えてよく混和した後 3 分間室温に放置し、10% Na_2CO_3 溶液 0.5 ml を加えて混和し

た。これをさらに遮光下で室温にて1時間放置したものを、11,000 rpm、室温にて2分間遠心分離（テーブルトップマイクロ冷却遠心機 3500：久保田商事株式会社）し、760 nm で吸光度を測定した。

結果はリンゴ果汁中 100 ml 中の総ポリフェノール量 (mg/100 ml) を没食子酸当量 (GAE) として表した。

10. DPPH ラジカル捕捉能

1.5 ml 容チューブに、0.1 M 酢酸緩衝液 (pH 5.5)、0.2 mM DPPH エタノール溶液、75 倍希釈した果汁を各々 0.3 ml ずつ入れ混和し、遮光下で室温にて1時間放置した後、525 nm の吸光度を測定した。コントロールとして、蒸留水を用いた。また標準物質として 0 ~ 80 μ M Trolox (CALBIOCHEM) 溶液を用いて同様の操作を行い、検量線を作成した。結果は Trolox 当量 (μ M) で表した。

11. 統計処理

各測定データの平均と標準偏差を求め、t 検定を用いて、同一品種において袋掛けの有無により2群間の比較を行った。

結果及び考察

1. リンゴの品種について^{13) 14)}

本研究で使用したリンゴの特徴は以下の通りである。

「芳明 (ほうめい)」は、「つがる (青り 2 号)」の着色系枝変わり品種である。「芳明」は「ゴールデンデリシャス」と「紅玉」を掛け合わせたもので、1975 (昭和 50) 年に品種登録された。果形は円～長円形、大きさ 300 g 前後である。酸に強みがなく、肉質もよく、多汁である。収穫時期は 8 月下旬から 9 月上旬である。

「秋映」は、長野県中野市の小田切健男氏が 1981 年に「千秋」に「つがる」を交配させ生まれた実生から選抜・育成させた品種で 1993 年に品種登録された。

秋映は長野県のオリジナル品種である。果実の大きさは 300 g 程度の大きさで、果皮は長野など南の地方でも全体にとっても濃い赤に色付きやすく、青森など寒冷地では色が付き過ぎて赤黒くなりやすい。果肉は黄白色で、歯ごたえがある硬いタイプであり、ジューシーで甘みに対して十分な酸味があり、

全体として甘酸っぱいりんごらしい味わいに感じられ香りも十分強く感じる。収穫時期は 9 月中旬～10 月下旬で 10 月初旬から 11 月初旬頃までが旬である。

「シナノスイート」は、「ふじ」と「つがる」を交配・育成・選抜した品種であり、1996 (平成 8) 年に品種登録された。大きさ 300 ~ 400 g で円形。赤～濃赤色縞状の着色である。果汁が多く、甘さも強く、香りもよく、甘酸適和で食味が良い。収穫時期は 10 月中旬である。

「涼香の季節」は、ふじの枝変わり、あるいは、アポミクス (単為生殖など、受精や減数分裂を行わずに生殖が行われる場合の総称) によって生じた可能性が高く、1999 (平成 11) 年に品種登録された。果形は長円形、大きさ 350 ~ 400 g と大玉で 500 g のものもある。果肉は、淡黄色で蜜入が多い。果皮は、全面に赤色に着色しやすい。果汁が多く、甘酸適和で食味良好とされている。収穫時期は 9 月下旬から 10 月上旬である。

「陽光」は、ゴールデン デリシャスの自然交雑実生を 1962 (昭和 37) 年に採取、その後その実生を育成・選抜した品種で、1981 (昭和 56) 年に品種登録された。果形は円形～長円形で、大きさは 300 ~ 350 g で、果肉は白色でやや硬く、甘味と酸味のバランスがとれている。収穫時期は 10 月下旬である。

「星の金貨」は、「あおり 15」とも呼ばれ、「ふじ」と「青り 3 号」を掛け合わせたものである。大きさは 300 g 前後、大きいもので 400 g を超える。果皮が薄く黄色で、果形は円形。果肉は口当たりがよく、粗雑感がない。果汁が多く、甘味も強く、酸味も適当であるとされている。収穫時期は 10 月下旬である。

「王林」は、ゴールデンデリシャスと印度を掛け合わせたものである。独特な外観と風味をもち、果形は長円錐形、大きさは 300 g 前後で 400 g を超すものもある。果皮は鈍い緑黄色、肉質緻密で多汁、酸は少なく、甘さが強い。収穫時期は 10 月下旬から 11 月上旬である。

2. 果実サイズ

リンゴ果実のサイズ (重量、横径、縦径) の測定結果を Table 2 に示す。

重量において、平成 26 年栽培の「星の金貨」が、平成 27 年栽培の「シナノスイート」が有袋果に比

べ無袋果で有意に軽く、その他の品種では無袋果と有袋果の間に有意な差はみられなかった。横径は、いずれの年度でも無袋果と有袋果の間で有意な差はみられなかった。縦径（高さ）では、平成27年の「星の金貨」において有袋果よりも無袋果の方が有意に低く、その他の品種では無袋果と有袋果の間で有意な差はみられなかった。

3. リンゴ果実の色差

色差の測定結果を Table 3 に示す。

L* は明度、a*、b* は色相と彩度を示す色度を表し、- a* は緑方向、a* は赤方向を示し、- b* は青方向、b* は黄方向を示している。数値の絶対値が大きくなるにしたがって、色鮮やかになり、0 に近くなるにつれてくすんだ色になる¹⁵⁾。

果実の写真からもわかるように、リンゴ果皮のL* 値（明度）は、いずれの品種においても、無袋果に比べ有袋果の方が大きくなる傾向にあった。a* 値に関しては、黄色品種である「星の金貨」「王林」の無袋果及び全品種の有袋果にて - a*（緑方向）を示し、赤色品種である「芳明」、「秋映」、「涼香の季節」「シナノスイート」「陽光」の無袋果で a*（赤方向）を示した。b* 値に関しては、赤色品種において、b*（黄方向）が無袋果に比べ有袋果で高い値を示した。

4. 酸度、L-リンゴ酸量、pH、カリウム濃度

酸度、L-リンゴ酸量、pH、カリウム濃度の測定結果を Table 4 に示す。

酸度は、平成26年「涼香の季節」「星の金貨」で無袋果に比べ有袋果において有意に低い値を示しが、平成27年「陽光」では、無袋果に比べ有袋果において有意に高い値を、「星の金貨」では有意に低い値を示した。栽培年ごとに、全品種の酸度の平均値を求めたところ、平成26年は無袋果 0.27 ± 0.05 (%）、有袋果 0.24 ± 0.05 (%）、平成27年は無袋果 0.22 ± 0.05 (%）、有袋果 0.22 ± 0.07 (%) となり、袋掛けによる変化は見られなかった。

L-リンゴ酸量は、酸度と同様の傾向を示し、平成27年「陽光」「星の金貨」で無袋果と有袋果の間で有意な差が見られた。リンゴ中の有機酸はそのほとんどがL-リンゴ酸である¹⁶⁾ ことから、L-リンゴ酸量と酸度は、同一成分を異なる方法で測定していることになるが、全般的に酸度と比べてL-リンゴ酸量が高値を示した。本研究で得られたL-リンゴ酸量

は既報¹⁷⁾ ¹⁸⁾ と同等の値であることから、滴定法で求める酸度が低めの値を示すと考えられた。リンゴ酸量と酸度の相関を求めたところ、平成27年の無袋果で $r = 0.732$ 、有袋果で $r = 0.837$ であり両者の傾向は一致していた。

有袋、無袋別に全品種のL-リンゴ酸量の平均値を求めたところ、平成26年は無袋果 3.47 ± 0.24 (g/L)、有袋果 3.13 ± 0.66 (g/L)、平成27年は無袋果 4.25 ± 1.13 (g/L)、有袋果 4.33 ± 1.75 (g/L) となり、袋掛けによる変化は見られなかった。

pH は、いずれの果実でもほぼ同等の値を示した。この値は既報¹⁷⁾ ともほぼ一致していた。栽培年ごとに全品種のpHの平均値を求めたところ、平成26年は無袋果 3.81 ± 0.25 、有袋果 3.82 ± 0.23 、平成27年は無袋果 3.79 ± 0.19 、有袋果 3.80 ± 0.20 となり、袋掛けによる変化は見られなかった。

カリウム濃度については、平成26年の「芳明」、平成27年の「陽光」「星の金貨」において無袋果と有袋果の間で有意な差が見られたが、袋掛けによる一貫した傾向は見られなかった。栽培年ごとに全品種のカリウム濃度の平均値を求めたところ、平成26年は無袋果 940 ± 156 (ppm)、有袋果 758 ± 72 (ppm)、平成27年は無袋果 804 ± 157 (ppm)、有袋果 770 ± 76 (ppm) となり、袋掛けによる変化は見られなかった。

以上の結果から、袋掛けの有無がリンゴ果実中のリンゴ酸量、酸度、pH、カリウム量に与える影響については一定の傾向はなく、品種によって異なることが推察された。

5. 糖度、グルコース量、フルクトース量、ショ糖量、全糖量

糖度、グルコース量、フルクトース量、ショ糖量、全糖量の測定結果を Table 5 に示す。

糖度は、平成26年では、「芳明」「涼香の季節」で無袋果が有袋果に比べて高い値を示し、平成27年では、「シナノスイート」「陽光」で無袋果が有袋果に比べて高い値を示した。いずれの年も、無袋果が有袋果に比べて高い糖度を示す品種が多かったが、栽培年ごとに全品種の糖度の平均値を求めたところ、平成26年は無袋果 13.47 ± 1.45 (%）、有袋果 12.91 ± 2.02 (%）、平成27年は無袋果 13.54 ± 0.87 (%）、有袋果 13.01 ± 0.99 (%) となり有意差はみられなかった。

グルコース量、フルクトース量、ショ糖量について、いずれの品種においても、袋掛けの有無に関わらず、フルクトースが最も多く、次いで、ショ糖、グルコースの順となった。果実に集積する糖は、果実の種類や品種により異なり、リンゴではフルクトースを多く集積する品種が多いとされており¹⁾、本研究においても同様の結果となった。各糖別に見ると平成27年のフルクトース量では「シナノスイート」「涼香の季節」「陽光」が、ショ糖量では、「陽光」が、全糖量では「涼香の季節」「陽光」において無袋果が有袋果に比べ有意に高値を示した。全糖量で見ると、平成26年では4品種中3品種、平成27年では6品種中4品種において無袋果は有袋果よりも全糖量が高く、特に平成27年でその差が大きかった。栽培年ごとに全品種の全糖量の平均値を求めたところ、平成26年は無袋果 123.3 ± 1.6 (g/L)、有袋果 121.8 ± 3.9 (g/L) となり有意な差はなかったが、平成27年は無袋果 136.2 ± 9.7 (g/L)、有袋果 118.0 ± 17.4 (g/L) となり、無袋果が有袋果と比べ有意に全糖量が高かった。

以上の結果から、気候や品種による差はあるものの、袋掛けを行わないリンゴ果実は袋掛けを行ったリンゴ果実よりも糖含量が増し、甘いリンゴとなることが示唆された。

6. 糖酸比

糖酸比の結果を Table 6 に示す。

糖酸比は、糖と酸の調和の指標であり、リンゴでは、糖酸比の値が41以上を甘味種、30～40は甘酸適和種、29以下は酸味種とされている²⁾。本研究に用いた品種は41以上の糖酸比を示す甘味の強いリンゴであり、その中でも「星の金貨」「王林」が特に甘味の強いリンゴだと言える。栽培年ごとに全品種の糖酸比の平均値を求めたところ、平成26年は無袋果 52.5 ± 9.6 、有袋果 56.0 ± 14.9 、平成27年は無袋果 67.0 ± 17.7 、有袋果 66.4 ± 23.8 となりいずれの年も袋掛けの有無による有意差はみられなかった。

7. 総ポリフェノール量

総ポリフェノール量の測定結果を Table 7 に示す。

平成26年は「芳明」で、平成27年は「陽光」において有袋果に比べ無袋果のポリフェノール量が有意に多く、残りの3品種には差がみられなかった。栽培年ごとに全品種の総ポリフェノール量

(mgGAE/100ml)の平均値を求めたところ、平成26年は、無袋果 381.5 ± 73.8 、有袋果 360.2 ± 81.7 、平成27年は無袋果 349.4 ± 131.6 、有袋果 333.2 ± 99.6 となり、いずれの年も袋掛けの有無による有意差はみられなかった。

8. DPPH ラジカル捕捉能

DPPH ラジカル捕捉能の測定結果を Table 7 に示す。

平成26年は「芳明」「涼香の季節」の無袋果で有袋果に比べ有意に高値を示した。平成27年は、いずれの品種においても無袋果と有袋果の間に有意差はみられなかった。栽培年ごとに全品種のDPPHラジカル捕捉能の平均値を求めたところ、平成26年は無袋果 2879.7 ± 238.6 (μM)、有袋果 2332.8 ± 372.6 (μM) と無袋果で有意に高値を示したが、平成27年は無袋果 2110.7 ± 174.9 (μM)、有袋果 2050.83 ± 209.2 (μM) と有意な差はなかった。

遮光がリンゴ果皮のポリフェノール濃度を低下させる¹⁹⁾ことが報告されており、袋掛けを行うことによって抗酸化成分が低値となる可能性が考えられた。

要約

山口県山口市阿東地域のリンゴ園で栽培された無袋栽培リンゴと有袋栽培リンゴの品質について、両者の差異を明らかにすることを目的に検討を行った。使用したリンゴは、平成26年は4品種(芳明、涼香の季節、秋映、星の金貨)、平成27年は6品種(「芳明」、「シナノスイート」、「涼香の季節」、「陽光」、「星の金貨」、「王林」)とした。同一の木において袋かけを行う果実と行わない果実を設け、リンゴ果実の大きさ、色差、酸度、L-リンゴ酸濃度、pH、カリウム濃度、糖度、糖組成(グルコース、フルクトース、ショ糖)、総ポリフェノール量、DPPHラジカル捕捉能について検討した。

その結果、無袋果において有袋果に比べて、果糖、ショ糖、ブドウ糖の和である全糖量が高かったが、その他の項目では、無袋果、有袋果の差は品種や栽培年によって異なった。

以上の結果から、無袋果では糖度が上がり甘いリンゴになる傾向が認められるが、品種、気候条件などによって袋掛けの有無の影響が異なることが考えられた。

Table 2 リンゴ果実のサイズ

測定項目	収穫年	品種名	無袋	有袋	無袋-有袋	
重量 (g)	H26	芳明	233.8 ± 6.4	235.7 ± 12.4	△ 1.9	
		秋映	261.9 ± 22.3	280.9 ± 28.0	△ 19.0	
		涼香の季節	277.5 ± 29.5	307.4 ± 21.6	△ 29.9	
		星の金貨	229.4 ± 22.2	196.8 ± 20.6*	32.6	
	H27	芳明	213.7 ± 15.6	218.8 ± 22.9	△ 5.1	
		シナノスイート	258.7 ± 25.1	220.1 ± 11.9*	38.6	
		涼香の季節	249.1 ± 28.7	244.9 ± 12.3	4.2	
		陽光	255.5 ± 23.0	269.0 ± 23.0	△ 13.5	
		星の金貨	207.1 ± 3.7	176.8 ± 34.9	30.3	
		王林	216.5 ± 21.9	212.6 ± 29.5	3.9	
	横径 (mm)	H26	芳明	82.0 ± 1.7	81.2 ± 1.3	0.8
			秋映	87.0 ± 2.9	88.2 ± 3.8	△ 1.2
			涼香の季節	85.9 ± 3.3	88.7 ± 2.4	△ 2.8
			星の金貨	81.2 ± 3.6	78.7 ± 1.9	2.5
H27		芳明	80.5 ± 1.8	80.8 ± 3.3	△ 0.3	
		シナノスイート	ND	ND		
		涼香の季節	83.7 ± 2.6	83.6 ± 1.7	0.1	
		陽光	84.5 ± 2.7	84.9 ± 2.4	△ 0.4	
		星の金貨	78.5 ± 2.0	75.9 ± 5.0	2.6	
		王林	75.0 ± 2.9	75.5 ± 4.9	△ 0.5	
縦径 (高さ) (mm)		H26	芳明			
			秋映	ND	ND	
			涼香の季節			
			星の金貨			
	H27	芳明	69.8 ± 1.7	69.7 ± 2.5	0.1	
		シナノスイート	ND	ND		
		涼香の季節	71.4 ± 3.3	69.7 ± 2.1	1.7	
		陽光	76.1 ± 3.0	80.2 ± 5.1	△ 4.1	
		星の金貨	69.1 ± 1.5	60.4 ± 4.8*	8.7	
		王林	71.2 ± 3.7	70.7 ± 4.3	0.5	

平均±SD, *は同一品種内の無袋果、有袋果間の差を示す(p<0.05)

ND: 測定せず

H26 涼香の季節 (有袋) n=4、それ以外はn=5

H27 星の金貨 (有袋) n=3、それ以外はn=5

Table 3 リンゴ果実の色差

測定項目	収穫年	品種名	無袋	有袋	無袋-有袋	
L*値	H26	芳明	45.5 ± 3.9	70.63 ± 1.2	△ 25.1	
		秋映	29.6 ± 1.0	70.52 ± 1.2	△ 40.9	
		涼香の季節	42.6 ± 2.5	72.17 ± 0.9	△ 29.6	
		星の金貨	67.8 ± 0.8	71.21 ± 0.9	△ 3.4	
	H27	芳明	43.9 ± 2.2	66.46 ± 1.4	△ 22.6	
		シナノスイート	51.6 ± 2.2	68.49 ± 0.5	△ 16.9	
		涼香の季節	45.4 ± 3.3	64.83 ± 1.8	△ 19.5	
		陽光	48.4 ± 3.0	68.35 ± 2.8	△ 20.0	
		星の金貨	66.2 ± 1.7	71.51 ± 0.5	△ 5.3	
		王林	64.3 ± 1.2	66.97 ± 3.0	△ 2.7	
	a*値	H26	芳明	20.6 ± 7.2	-10.91 ± 1.6	31.5
			秋映	24.4 ± 2.3	-1.78 ± 1.9	26.2
			涼香の季節	28.0 ± 3.2	-5.2 ± 2.0	33.2
			星の金貨	-5.7 ± 1.0	-6.56 ± 0.9	0.9
H27		芳明	22.31 ± 4.7	-7.94 ± 3.0	30.3	
		シナノスイート	14.69 ± 3.0	-9.25 ± 0.9	23.9	
		涼香の季節	25.67 ± 5.2	5.26 ± 3.3	20.4	
		陽光	19.93 ± 4.3	-7.95 ± 0.8	27.9	
		星の金貨	-4.35 ± 2.0	-5.78 ± 0.9	1.4	
		王林	-9.96 ± 2.8	-11.74 ± 3.0	1.8	
b*値		H26	芳明	24.7 ± 2.2	35.7 ± 1.0	△ 11.0
			秋映	13.6 ± 1.2	29.8 ± 1.1	△ 16.2
			涼香の季節	19.9 ± 1.1	32.4 ± 3.9	△ 12.5
			星の金貨	42.8 ± 1.4	35.4 ± 1.6	7.4
	H27	芳明	22.6 ± 1.6	33.8 ± 1.9	△ 11.2	
		シナノスイート	26.6 ± 2.0	35.5 ± 1.9	△ 8.9	
		涼香の季節	21.4 ± 3.3	24.0 ± 1.7	△ 2.7	
		陽光	22.5 ± 2.4	30.2 ± 1.2	△ 7.8	
		星の金貨	43.5 ± 2.2	33.9 ± 2.4	9.6	
		王林	40.1 ± 1.7	36.5 ± 3.3	3.6	

平均±SD

無袋、有袋間の検定は実施せず

H26 芳明:無袋n=8 有袋n=7、秋映n=8、涼香の季節:無袋n=5 有袋n=4、星の金貨 n=10

H27 星の金貨 (有袋) n=3、それ以外はn=5

Table 4 リンゴ果汁の酸度、リンゴ酸量、pH、カリウム濃度

測定項目	収穫年	品種名	無袋	有袋	無袋-有袋	
酸度 (%)	H26	芳明	0.19 ± 0.00	0.21 ± 0.00	△ 0.02	
		秋映	0.30 ± 0.00	0.31 ± 0.01	△ 0.01	
		涼香の季節	0.31 ± 0.00	0.24 ± 0.00*	0.07	
		星の金貨	0.27 ± 0.00	0.20 ± 0.00*	0.07	
	H27	芳明	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.01	△ 0.01	
		シナノスイート	0.24 ± 0.03	0.23 ± 0.03	0.01	
		涼香の季節	0.24 ± 0.03	0.22 ± 0.03	0.02	
		陽光	0.28 ± 0.04	0.35 ± 0.04*	△ 0.07	
		星の金貨	0.20 ± 0.02	0.15 ± 0.03*	0.05	
		王林	0.14 ± 0.02	0.16 ± 0.04	△ 0.02	
		L-リンゴ酸量 (g/L)	芳明	3.20 ± 0.83	2.37 ± 0.38	0.83
			秋映	3.33 ± 0.44	3.96 ± 0.39	△ 0.63
涼香の季節	3.63 ± 0.39		2.95 ± 0.53	0.68		
星の金貨	3.70 ± 0.43		3.24 ± 0.48	0.46		
H27	芳明	4.67 ± 1.15	5.80 ± 0.40	△ 1.13		
	シナノスイート	5.55 ± 1.59	4.73 ± 1.26	0.82		
	涼香の季節	4.03 ± 0.81	3.29 ± 0.64	0.74		
	陽光	4.95 ± 0.69	6.83 ± 0.80*	△ 1.88		
	星の金貨	4.05 ± 0.35	2.91 ± 0.73*	1.14		
	王林	2.26 ± 0.43	2.45 ± 0.92	△ 0.19		
	pH	芳明	4.04 ± 0.12	3.80 ± 0.07	0.24	
		秋映	3.48 ± 0.09	3.51 ± 0.06	△ 0.03	
涼香の季節		3.75 ± 0.10	3.97 ± 0.14*	△ 0.22		
星の金貨		3.96 ± 0.04	4.01 ± 0.03	△ 0.05		
H27	芳明	3.87 ± 0.03	3.88 ± 0.05	△ 0.01		
	シナノスイート	3.65 ± 0.11	3.67 ± 0.07	△ 0.02		
	涼香の季節	3.65 ± 0.12	3.69 ± 0.14	△ 0.04		
	陽光	3.60 ± 0.06	3.54 ± 0.06	0.06		
	星の金貨	4.09 ± 0.02	4.07 ± 0.08	0.02		
	王林	3.89 ± 0.07	3.92 ± 0.34	△ 0.03		
	カリウム (ppm)	芳明	923 ± 43	664 ± 44*	259	
		秋映	736 ± 31	742 ± 119	△ 6	
涼香の季節		995 ± 68	801 ± 39	194		
星の金貨		1107 ± 110	826 ± 9	281		
H27	芳明	837 ± 118	795 ± 82	42		
	シナノスイート	833 ± 95	719 ± 59	114		
	涼香の季節	750 ± 14	703 ± 109	47		
	陽光	663 ± 78	911 ± 112*	△ 248		
	星の金貨	1083 ± 83	738 ± 142*	345		
	王林	661 ± 66	756 ± 79	△ 95		

平均±SD, *は同一品種内の無袋果、有袋果間の差を示す(p<0.05)

H26 涼香の季節 (有袋) n=4、それ以外はn=5

H27 星の金貨 (有袋) n=3、それ以外はn=5

Table 5 リンゴ果汁の糖度、グルコース量、フルクトース量、ショ糖量、全糖量

測定項目	収穫年	品種名	無袋	有袋	無袋-有袋	
糖度 (%Brix)	H26	芳明	11.8 ± 0.9	10.7 ± 0.3*	1.1	
		秋映	13.0 ± 0.8	12.9 ± 0.6	0.1	
		涼香の季節	13.9 ± 0.5	12.5 ± 0.5*	1.4	
		星の金貨	15.2 ± 0.3	15.6 ± 0.6	△ 0.4	
	H27	芳明	12.6 ± 1.1	11.7 ± 1.2	0.9	
		シナノスイート	14.0 ± 0.2	13.5 ± 0.4*	0.5	
		涼香の季節	12.7 ± 0.7	12.2 ± 0.7	0.5	
		陽光	14.1 ± 0.4	12.9 ± 0.6*	1.2	
		星の金貨	14.8 ± 0.6	14.5 ± 0.6	0.3	
		王林	13.1 ± 0.5	13.2 ± 0.5	△ 0.2	
		グルコース量 (g/L)	芳明	11.2 ± 8.2	20.5 ± 1.8	△ 9.3
			秋映	16.9 ± 1.2	15.6 ± 0.5	1.3
涼香の季節	17.4 ± 1.5		19.4 ± 2.1	△ 2.1		
星の金貨	24.0 ± 1.4		28.3 ± 1.4*	△ 4.3		
H27	芳明	21.4 ± 5.9	20.7 ± 2.4	0.7		
	シナノスイート	23.9 ± 2.7	21.2 ± 2.0	2.7		
	涼香の季節	25.6 ± 3.4	20.3 ± 3.6	5.3		
	陽光	16.2 ± 4.3	11.6 ± 4.9	4.7		
	星の金貨	38.7 ± 7.8	29.7 ± 4.7	9.0		
	王林	20.7 ± 1.4	21.0 ± 3.3	△ 0.4		
	フルクトース量 (g/L)	芳明	61.6 ± 8.3	59.2 ± 1.4	2.4	
		秋映	66.6 ± 3.3	62.2 ± 3.1	4.3	
涼香の季節		70.2 ± 2.9	67.4 ± 3.9	2.9		
星の金貨		81.3 ± 2.8	85.9 ± 4.2	△ 4.6		
H27	芳明	75.3 ± 5.8	80.1 ± 10.4	△ 4.8		
	シナノスイート	58.1 ± 3.3	52.6 ± 3.3*	5.6		
	涼香の季節	81.9 ± 5.6	56.9 ± 2.1*	25.0		
	陽光	72.4 ± 9.6	50.8 ± 17.9*	21.6		
	星の金貨	81.2 ± 13.2	73.2 ± 6.3	8.0		
	王林	74.7 ± 10.0	63.7 ± 13.3	11.0		

測定項目	収穫年	品種名	無袋	有袋	無袋-有袋		
ショ糖 (g/L)	H26	芳明	35.9 ± 14.7	24.8 ± 2.3	11.1		
		秋映	38.7 ± 2.6	35.3 ± 3.1	3.5		
		涼香の季節	42.5 ± 4.2	35.5 ± 1.0*	7.0		
		星の金貨	27.1 ± 4.5	33.0 ± 3.4*	△ 5.9		
	H27	芳明	39.2 ± 6.8	41.0 ± 20.1	△ 1.8		
		シナノスイート	38.2 ± 13.7	39.2 ± 2.5	△ 0.9		
		涼香の季節	44.8 ± 8.1	38.0 ± 5.0	6.8		
		陽光	51.4 ± 14.8	31.3 ± 9.5*	20.0		
		星の金貨	13.3 ± 6.7	30.9 ± 5.9*	△ 17.6		
		王林	40.2 ± 15.8	25.9 ± 9.5	14.3		
		全糖 (g/L)	H26	芳明	108.7 ± 25.2	104.4 ± 21.2	4.2
				秋映	122.1 ± 24.9	113.1 ± 23.4	9.1
涼香の季節	130.1 ± 26.4			122.3 ± 24.4	7.8		
星の金貨	132.4 ± 32.3			147.2 ± 32.0	△ 14.8		
H27	芳明	131.8 ± 10.2	141.9 ± 20.3	△ 10.1			
	シナノスイート	120.2 ± 13.2	112.9 ± 5.0	7.3			
	涼香の季節	149.5 ± 14.1	114.2 ± 7.7*	35.3			
	陽光	140.0 ± 24.9	93.7 ± 25.8*	46.3			
	星の金貨	133.2 ± 20.8	133.9 ± 12.3	△ 0.7			
	王林	135.6 ± 25.9	110.6 ± 24.9	25.0			

平均±SD, *は同一品種内の無袋果、有袋果間の差を示す(p<0.05)

H26 涼香の季節 (有袋) n=4、それ以外はn=5

H27 星の金貨 (有袋) n=3、それ以外はn=5

Table 6 リンゴ果汁の糖酸比

測定項目	収穫年	品種名	無袋	有袋	無袋-有袋
糖酸比	H26	芳明	64.6 ± 12.8	50.9 ± 6.3	13.7
		秋映	43.7 ± 3.6	42.9 ± 7.8	0.8
		涼香の季節	45.9 ± 4.5	52.8 ± 7.8	△ 6.9
		星の金貨	55.9 ± 2.1	77.5 ± 5.4*	△ 21.6
	H27	芳明	62.8 ± 2.7	57.3 ± 6.9	5.5
		シナノスイート	59.2 ± 6.3	57.4 ± 7.7	1.8
		涼香の季節	53.9 ± 5.0	57.7 ± 7.2	△ 3.8
		陽光	51.9 ± 8.1	37.2 ± 4.4*	14.7
		星の金貨	75.6 ± 6.3	98.1 ± 8.9*	△ 22.5
		王林	98.8 ± 16.0	91.0 ± 37.2	7.8

平均±SD, *は同一品種内の無袋果、有袋果間の差を示す(p<0.05)

H26 涼香の季節 (有袋) n=4、それ以外はn=5

H27 星の金貨 (有袋) n=3、それ以外はn=5

Table 7 リンゴ果汁の総ポリフェノール量、DPPH ラジカル捕捉能

測定項目	収穫年	品種名	無袋	有袋	無袋-有袋	
総ポリフェノール量 (mg GAE/100ml)	H26	芳明	347.9 ± 55.0	265.3 ± 8.6*	82.6	
		秋映	318.0 ± 32.0	327.4 ± 52.6	△ 9.3	
		涼香の季節	373.3 ± 19.9	393.9 ± 34.1	△ 20.6	
		星の金貨	486.9 ± 47.4	454.1 ± 61.8	32.8	
	H27	芳明	278.8 ± 105.9	366.0 ± 59.3	△ 87.2	
		シナノスイート	256.0 ± 13.0	226.9 ± 37.3	29.1	
		涼香の季節	258.7 ± 51.5	259.8 ± 31.1	△ 1.1	
		陽光	518.7 ± 42.3	402.4 ± 16.0*	116.2	
		星の金貨	519.4 ± 33.4	466.2 ± 32.1	53.1	
		王林	265.1 ± 22.1	278.0 ± 34.8	△ 12.8	
	ラジカル捕捉能 (Trolox当量 μ)	H26	芳明	2898.1 ± 185.7	2076.5 ± 174.0*	821.6
			秋映	2537.7 ± 153.1	2325.0 ± 153.7	212.7
涼香の季節			3016.8 ± 254.7	2067.5 ± 83.3*	949.3	
星の金貨			3066.1 ± 204.8	2862.3 ± 352.1	203.7	
H27		芳明	2189.3 ± 132.1	2067.9 ± 103.0	121.4	
		シナノスイート	1863.1 ± 61.6	1741.7 ± 169.7	121.4	
		涼香の季節	2167.9 ± 90.3	2027.4 ± 103.6	140.5	
		陽光	2356.0 ± 62.7	2308.3 ± 72.1	47.6	
		星の金貨	2125.0 ± 138.2	2243.3 ± 56.3	△ 118.3	
		王林	1963.1 ± 54.2	1913.1 ± 222.2	50.0	

平均±SD, *は同一品種内の無袋果、有袋果間の差を示す(p<0.05)

H26 涼香の季節 (有袋) n=4、それ以外はn=5

H27 星の金貨 (有袋) n=3、それ以外はn=5

謝辞

本研究を行うにあたり、有袋・無袋リンゴの栽培にご協力をいただきました有限会社しもせりんご村 会長 下瀬一正様に深く御礼申し上げます。また、本論文をまとめるにあたり、データ整理に協力をいただいた本学卒業生内田朋子さんに感謝いたします。

本論文の内容の一部は、第12回日本栄養改善学会中国支部学術総会（岡山県立大学）にて発表を行った。

文献

- 1) 小川一紀:5章 各種果実の機能性 5. 1. 1 リンゴ、果実の機能と科学、伊藤三郎編、朝倉書店、107、2011.
- 2) 四宮俊之:りんごの甘酸適和をめぐる一考察、人文社会論叢. 人文科学編、28、19-28、2012.
- 3) 石山正行:リンゴの嗜好と品種育成の方向、東北農業研究別号 3、61-70、1990.
- 4) 青森県庁:産業・雇用・労働、農林水産業、リンゴの品種、(2016年11月8日検索)
<http://www.pref.aomori.lg.jp/sangyo/agri/ringo-hinsyu.html>
- 5) 垣内典夫:4章 各種果実の機能特性 4. 1. a リンゴ、果実の科学、伊藤三郎編、朝倉書店、103、1994.
- 6) 上田若菜、沢口舞、東のどか、鹿島真由美、川井絵美、佐々木理紗、千澤里花(顧問:木村亨):果実を遮光して栽培したリンゴの品質、化学と生物、49(4)、287-289、2011.
- 7) 野呂昭司、工藤仁郎、橘和丘陽:リンゴの黄色品種の有袋果と無袋果における糖質と有機酸の相違、並びにそのアントシアニン色素の生成に及ぼす影響、園芸学会誌、58(1)、17-24、1989.
- 8) 農山漁村文化協会編:果樹園芸大百科第2巻リンゴ、農文協編社団法人 農山漁村文化協会編、農山漁村文化協会、631、2000.
- 9) 中野幹夫、工藤久美寿、松田政紀、片岡衛:西南暖地におけるリンゴ栽培に関する研究. 岡山大農場報告、(8)、13-16、1985.
- 10) 今井勝重(青森県りんご試験場):リンゴ無袋栽培の経済性—農協におけるスターキングデリシャスの無袋・有袋の違いによる販売方法と価格—、農業経営研究、15(1)、149-159、1977.
- 11) 山口県:観光振興課、山口県こだわりの逸品農産品、りんご、(2016年11月12日検索)
<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/gyosei/kanko/bussan/01nousan-k.html#ringo>
- 12) 山口市:【特集】定住人口を増やし地域に活力を一産地を支える長州援農隊—1、(2016年11月12日検索)
<http://www.city.yamaguchi.lg.jp/cms-sypher/www/info/detail.jsp?id=13526>
- 13) 旬の食材百科 リンゴの品種 秋映(2016年11月12日検索)
<http://foodslink.jp/syokuzaihyakka/syun/fruit/akibae.htm>
- 14) 青い森の片隅から:名称別品種検索一覧表(2016年1月18日)
http://homepage3.nifty.com/malus~pumila/tab1_1/tab11.htm
- 15) KONICA MINOLTA、色色雑学 Part I 色の見え方と表現方法、(2016年1月14日)
<http://konicaminolta.jp/instruments/colorknowledge/part1/index.html>
- 16) 森健、村岡信雄、薮花雄:果実の有機酸組成に関する研究、日本食品工業学会誌、14(5)、187-192、1967.
- 17) 菅原哲也、野内義之、五十嵐喜治:ジェネバ(クラブアップル)果汁のポリフェノール成分とラジカル消去活性、日本食品科学工学会誌、53(4)、232-235、2006.
- 18) 近藤悟、鈴木栄司:リンゴ果実の加工適応性と品質 第1報リンゴ各品種の糖組成及びL-アスコルビン酸含量、東北農業研究、44、199-200、1991.
- 19) 近藤悟、古川裕志、中谷宗一:レモンおよびリンゴ果皮の抗酸化成分・機能に影響を及ぼす光の影響、園芸学会雑誌、72(3)、221-223、2003.