

アントシアニン増量のための追熟に適したウメ ‘露茜’ 果実 収穫指標

大江孝明・竹中正好¹・北村祐人・根来圭一²・岡室美絵子³・土田靖久

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Harvest index of Japanese apricot ‘Tsuyukane’ fruit available for force-ripening to increase anthocyanin content

Takaaki Oe, Masayoshi Takenaka¹ Yuto Kitamura, Keiichi Negoro², Mieko Okamuro³ and Yasuhisa Tsuchida

Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

ウメ‘露茜’は現在の国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門で育成され、2009年に品種登録されたスモモとウメとの種間雑種で（山口ら、2008）、果皮、果肉ともに赤色に着色する特性があり、梅酒や梅シロップなどに加工すると鮮やかな赤色の製品ができることから、その商品性が注目されている。和歌山県においても産地化の取り組みが行われているが、地域によっては外観上の果実の赤色着色に年次変動がみられ、着色程度の低い果実を加工した製品は十分に赤い色調が得られず、商品価値が低くなる。また、従来のウメ品種と比べて酸含量が少ないことなどから、果実が色づく収穫期直前に野生動物による食害を受けやすい。その対策のために防御柵や防鳥網などの設置を行う場合は、多大なコストと労力がかかる。

これらのことから、既報（大江ら、2016）では、適熟期の前に収穫して追熟により着色を促す技術を検討し、アントシアニン含量を効率よく高めるためには、果実全体が色づく適熟期よりも早く果実を収穫して、エチレンを添加し、20℃で4日程度追熟させるのが適当であることを見いだした。この追熟技術を用いれば、野生動物に食害を受ける前に果実を収穫できるため鳥獣害対策にも有効であり、加えて樹上で完熟した果実よりアントシアニン含量が多くなることから、産地化の促進や高品質の加工品開発に有効と考えられる。しかし、生産拡大を図るうえで追熟に適した果実の収穫基準の設定や効率的なエチレン処理方法の確立が必要である。

そこで本試験では、追熟に適した果実の収穫適期の客観的な指標づくりと追熟に必要なエチレン濃度を検討した。

材料および方法

1. 果実の収穫熟度に基づく指標（試験1）

2011~2013年にうめ研究所植栽の‘露茜’（2011年時点で12年生）を3樹供試し、果実の成熟

¹現在：和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部農林水産振興課

²現在：和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

³現在：和歌山県果樹試験場

時期別に果実を採取した。すなわち、樹冠外側（外層）より、果皮が赤く色づき始める頃から果実表面の8割程度が赤色着色するまでの期間に果実を採取した（2011年は6月19日～7月11日、2012年は6月20日～7月5日、2013年は6月14日～7月2日）。熟度指標として、各樹10果の果実重、果径指数（縦径/横径）、果実硬度（レオメーター値：定深度測定、直径5 mm円柱、侵入1 mm）および果皮の着色指数を調査した。着色指数は、既報（大江ら、2013）と同様、過去の報告（Whale・Singh, 2007）を参考に、目視で着色の濃さを0（無着色）～5（濃く着色）、着色0～5の果皮面積が果実の総表面積に占める割合を5%刻みでa～f%として評価し、 $(0 \times a + 1 \times b + 2 \times c + 3 \times d + 4 \times e + 5 \times f) / 5$ の式で算出した。

残りの果実は、羽山ら（2009）が供試したのと同じ、少量のガス交換が可能な機能性段ボール箱（容量約21 L）に入れ、1袋当たり20 mlのエチレンを発生させるエチレン発生剤（熟れごろ、日園連）2袋とともに、20°Cの恒温室で4日追熟した後、不完全着色果（追熟後に緑色部分が残る果実）の割合を調査するとともに、果実（果皮を含む果肉）のアントシアニン含量を測定した。なお、エチレン発生剤は毎日新しいものと交換した。2011年は樹に関係なく合わせて完全着色果（全体的に着色した果実）を10果を取り出して果実ごとに、2012年および2013年は樹ごとに完全着色果を10果取り出し、樹ごとに混合し分析試料とした。アントシアニン含量は既報（Oeら、2012；大江ら、2013）と同様の方法で測定した。すなわち、5%ギ酸中で果肉をマルチディスペルサー（PB95、(株)エスエムテ）を用いて15000 rpmで1分間ホモジナイズした後、4°Cで24時間抽出し、卓上型遠心分離器（4000、(株)久保田商事）を用いて2300×gで10分間遠心分離した。上澄みを0.45 μmメンブランフィルターでろ過し、ODSカラム（Shim-pack VP-ODS、(株)島津製作所）を用いてHPLC（LC-10Avp、(株)島津製作所）で測定した。なお、‘露茜’果実のアントシアニンは‘南高’と同様に、主にシアニジン-3-グルコシド（以下C3G）とシアニジン-3-ルチノシド（以下C3R）であると報告されていることから（赤木ら、2011）、これらの含量を測定し、合計値をアントシアニン含量とした。

2. 果実階級、光沢程度に基づく指標（試験2）

2012年および2013年にうめ研究所およびみなべ町現地植栽の‘露茜’を供試した。2012年は果皮が赤く色づき始める直前の6月20日に果実を採取した。それぞれ、選果機によりM、L、2L、3Lおよび4L（平均重量17 g、20 g、29 g、37 gおよび41 g）の階級に分けた後、エチレン発生剤3袋とともに機能性段ボール箱に入れ、4日間追熟した。2013年は赤く着色し始めた時期の7月4日に果実を採取した。収穫コンテナに入れてビニル被覆し、‘南高’から発生するエチレンを利用して4日間追熟し、追熟後S～4Lに分けた（Sの平均果重13 g）。

階級ごとに、2012年は不完全着色果の割合を、2013年は極度不完全着色果（追熟後に緑色部分が大きく残り出荷不可能な果実）の割合を調査した。また2012年のM、Lおよび2Lについては、不完全着色果と完全着色果をそれぞれ5果を取り出し、試験1と同様に分析用試料を調製してアントシアニン含量を測定した。

また、生育に伴い果実表面の光沢（ツヤ）が小さくなっていくことから、同一日に採取した果実の光沢程度の違いと追熟後の着色との関係を調査した。すなわち、2013年6月25日にうめ研究所植栽の‘露茜’から果実を採取し、達観により、光沢大、光沢小、光沢無の3区に分け、エチレン存在下で4日追熟した後、着色程度別の割合を調査するとともに、それぞれ完全着色果を10果を取り出し、アントシアニン含量を測定した。

3. 追熟に有効なエチレン濃度（試験3）

2011年6月29日、2012年6月27日および2013年6月20日にうめ研究所植栽の‘露茜’（2011年時点で12年生）3樹の樹冠外層から果実を採取し、混合した後、機能性段ボール箱に、2~3 kg ずつ入れた。2011年は24, 96 および 480 ppm, 2012年は192, 288, 384, 480, 720 および 960 ppm, 2013年は336, 480 および 960 ppmのエチレン濃度で4日間追熟した後、2011年は着色程度に関係なく各区10果取り出しアントシアニン含量を、2012および2013年は着色程度別の割合を調査した。

結 果

1. 果実の収穫熟度に基づく指標（試験1）

果皮の果実重、着色指数は成熟とともに増加傾向を示した（第1表）。果径指数（縦径／横径）

第1表 果実の採取時期と追熟前の果実形質および追熟後の果実中アントシアニン含量との関係^z

	果実 採取日	追熟前				追熟後	
		果実重 (g)	果径指数 (縦径/横径)	果実硬度 (kg)	着色指数	不完全着色 果実割合(%)	アントシアニン (mg・100g ⁻¹ FW) ^y
2011年	6/19	22.6	1.12	2.54	3	-	-
	6/24	26.6	1.12	1.80	10	-	18
	6/28	30.7	1.10	1.48	15	-	42
	7/2	32.6	1.08	1.20	43	-	34
	7/7	35.1	1.09	0.95	66	-	-
	7/11	37.7	1.06	0.52	62	-	23
2012年	6/20	31.1	1.09	2.01	0	16	27
	6/23	32.4	1.08	1.35	15	11	36
	6/26	35.8	1.08	1.25	40	0	29
	6/29	40.0	1.06	0.93	64	0	28
	7/2	43.4	1.05	0.75	72	0	23
	7/5	45.5	1.05	0.75	66	2	17
2013年	6/14	-	-	1.27	2	17	34
	6/17	-	-	1.06	9	12	36
	6/20	-	-	1.30	14	3	32
	6/23	-	-	0.88	25	2	30
	6/26	-	-	0.67	42	1	29
	6/29	-	-	0.47	44	1	27
	7/2	-	-	0.68	50	0	20

^z追熟はエチレン存在下の20°Cで4日間

^yアントシアニンはシアニジン-3-グルコシドとシアニジン-3-ルチノシドの総和
完全着色果のみで比較

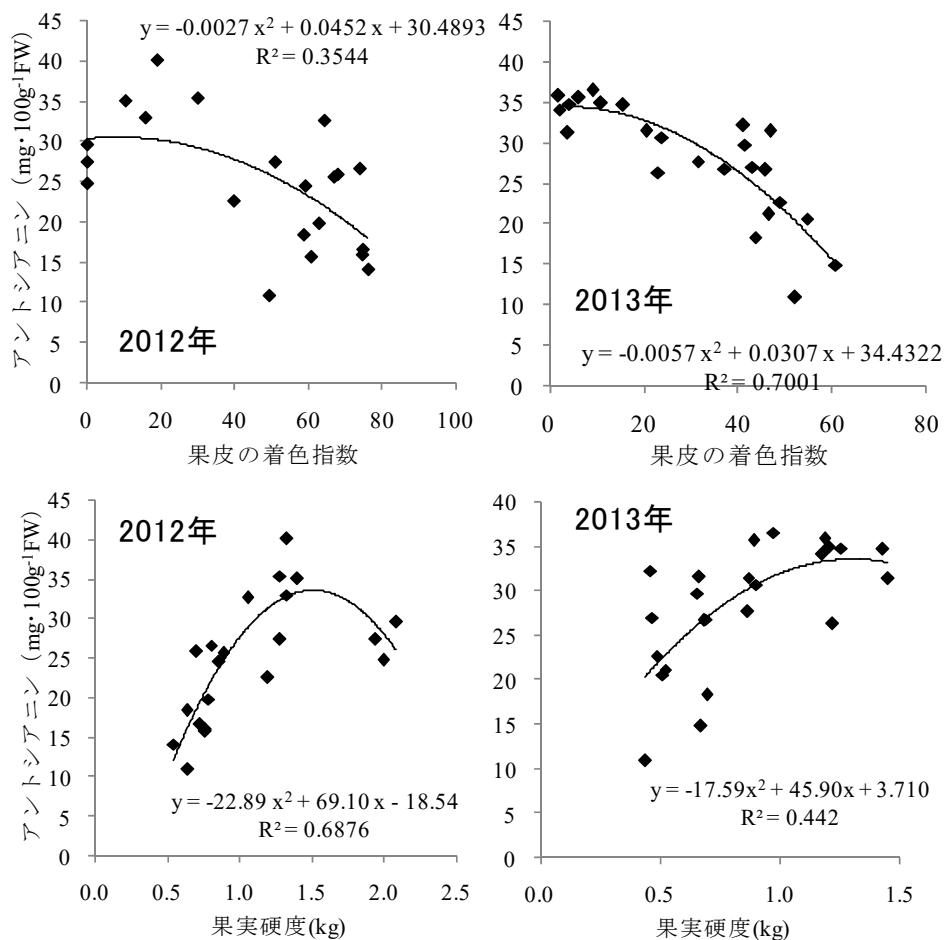
および果実硬度は果実の成熟とともに減少傾向を示した。2011年は追熟後の不完全着色果が、6月28日採取果実が多かったが、7月2日採取果実ではほとんどなかった（2011年は数値データなし）。2012年は6月23日採取果実まで、2013年は6月17日採取果実まで不完全着色果割合が10%以上と高く、それ以後は3%以下であった。完全着色果のみでアントシアニン含量を比較す

ると、2011年は6月28日採取果実で、2012年は6月23日採取果実で、2013年は6月17日採取果実で最大となった。

不完全着色果の割合が大きく減少する時期と果実形質との関係をみると、着色指数が10以上かつ果実硬度が1.30 kg以下となる時期であった(第2表)。また、アントシアニン含量と果実形質との関係をみると、着色指数が10程度、果実硬度が1.50 kg程度で最大となった(第2表、第1図)。

第2表 不完全着色果割合が減少した時およびアントシアニン含量が最大となる時の着色指数および果実硬度

	不完全着色果割合の減少時		アントシアニン含量の最大時	
	着色指数	果実硬度	着色指数	果実硬度
2011年	43	1.20	15	1.48
2012年	40	1.25	15	1.35
2013年	14	1.30	9	1.06



第1図 果皮の着色指数および果実硬度と追熟後のアントシアニン含量の関係(注) 追熟日数は4日

2. 果実階級，光沢程度に基づく指標（試験 2）

同一採取日の果実の階級別にみると，2012 年は各階級とも不完全着色果がみられ，4L および 3L では不完全着色果の割合は 10% 以下であったが，それより小さい果実では 21% 以上で，階級が小さくなるにつれて割合が高くなる傾向であった（第 3 表）．2013 年の極度不完全着色果は，L 以下でみられ，特に S で多かった．不完全着色果は完全着色果に比べて，調査した階級すべてにおいてアントシアニン含量が C3G, C3R およびそれらの総和とともに少なかった（第 4 表）．

同一採取日の果実の光沢程度別にみると，光沢が大きいほど追熟後の不完全着色果実の割合が高かった（第 5 表）．追熟後の完全着色果のみでアントシアニン含量を比較すると，光沢程度の違いによる差がなかった．

第3表 階級の違いと追熟後の着色程度との関係

	2012年	2013年
	不完全着色果割合(%) ^z	極度不完全果割合(%) ^y
4L	10	0
3L	8	0
2L	21	0
L	31	1
M	52	2
S	75	39

^z不完全着色果は，部分的に緑色が残る果実

^y極度不完全着色果は，緑色部分が大きく残り出荷不可能な果実

第4表 追熟後の着色程度とアントシアニン含量との関係

	アントシアニン (mg・100g ⁻¹ FW) ^z								
	C3G			C3R			総量		
	2L	L	M	2L	L	M	2L	L	M
完全着色	26.4	25.5	22.4	5.7	5.9	5.5	32.1	31.4	27.9
不完全着色	11.4	6.1	11.3	3.0	2.0	3.2	14.4	8.2	14.5
有意性 ^w	***	***	***	***	***	**	***	***	***

^zC3Gはシアニジン-3-グルコシド，C3Rはシアニジン-3-ルチノシドを示し，総量はこれらの総和を示す

***, **はそれぞれ検定によって0.1%，1%水準で有意差あることを示す (n = 5)

第5表 果実の光沢程度と追熟後の着色程度およびアントシアニン含量^z

	割合 (%)			アントシアニン
	完全着色	ほぼ着色	不完全着色	(mg・100g ⁻¹ FW) ^y
光沢大	70	20	11	31.8
光沢小	90	5	5	31.6
光沢無	96	1	3	31.7
有意性 ^x	—	—	—	NS

^z2012年6月25日に採取した果実を4日追熟して調査

^yアントシアニンはシアニジン-3-グルコシドとシアニジン-3-ルチノシドの総和完全着色した果実で比較

^xNSはTukeyの多重比較によって，有意差がないことを示す (n = 10)

3. 追熟に有効なエチレン濃度（試験 3）

2011 年の試験において，エチレン濃度 480 ppm 区は 24 ppm 区および 96 ppm 区と比べて追熟後のアントシアニン含量が多い傾向がみられた（第 6 表）．2012 年の試験において，エチレン濃

度 480 ppm 以上の区は 384 ppm 以下の区と比べて、完全着色した果実の割合が高かった(第7表)。また、384 ppm 以下の区では完全着色した果実においても果皮の赤色の濃さが薄いものがみられた(データ省略)。2013年の試験において、エチレン濃度 480 および 336 ppm 区は 192 ppm 区に比べて完全着色果実の割合が高かった。

第6表 追熟時のエチレン濃度と追熟後の果実のアントシアニン含量(2011年)^z

エチレン濃度 ppm	C3G	C3R	総量
	(mg・100g ⁻¹ FW) ^y	(mg・100g ⁻¹ FW) ^y	(mg・100g ⁻¹ FW) ^y
24	17.7 b ^x	6.1 a	23.8 b
96	10.4 c	4.5 b	14.9 c
480	32.1 a	6.6 a	38.8 a

^z2012年6月25日に採取した果実を20℃で4日追熟して調査

^yC3Gはシアニジン-3-グルコシド, C3Rはシアニジン-3-ルチノシドを示し, 総量はこれらの総和を示す

^xTukeyの多重比較によって異符号間に有意差あり (n = 10)

第7表 追熟時のエチレン処理濃度と追熟後の着色程度別割合^z

エチレン濃度 ppm	割合(%)					
	2012年			2013年		
	完全着色	ほぼ着色	不完全着色	完全着色	ほぼ着色	不完全着色
192	44	42	14	2	8	90
288	71	21	8	—	—	—
336	—	—	—	85	11	3
384	18	22	61	—	—	—
480	87	7	7	82	11	7
720	87	5	8	—	—	—
960	83	10	8	83	10	8

^z2012年6月27日および2013年6月20日に採取した果実を4日追熟して調査

考 察

‘露茜’は赤色色素が豊富なウメの新品種として近年注目されているが、年によりアントシアニンの蓄積に差がみられる。そのため、既報(大江ら, 2016)では安定してアントシアニンを蓄積させる技術の開発を目的に、追熟処理が果実のアントシアニンの蓄積に及ぼす影響について調査し、果実全体が色づく適熟期よりも早く収穫し、20℃で果実にエチレンを添加し4日以上追熟することで、安定的に赤く着色させられることを明らかにした。しかし、生産拡大のためには収穫基準や効率的なエチレン処理方法を確立する必要があることからこれらを検討した。

本試験で、完全着色果での比較でアントシアニン含量が最大となる時期と果実形質との関係を見ると、着色指数が10程度、果実硬度が1.50 kg程度で最大となった。しかし、不完全着色果が多く発生したことから、不完全着色果の割合が大きく減少する時期と果実形質との関係を見ると、着色指数が10以上かつ果実硬度が1.30 kg以下となる時期であった。よって、果実硬度や着色程度が収穫基準として利用できると判断された。なお、これらの時期の差は3日程度であった。

一方、同一樹でも着果位置などで熟度の進みが異なるため（大江ら，2013），樹冠拡大すると一斉収穫できないことも予想される．そこで，複数回に分けて収穫する場合の収穫の目安として，大きさや光沢の程度が利用できるかを次に検討した．その結果，階級が小さいほど追熟後の不完全着色果が多い傾向であり，不完全着色果は完全着色果に比べてアントシアニン含量が少なかった．また，同一採取日でも光沢が大きいほど追熟後の不完全着色果実の割合が高かった．よって，複数回に分けて収穫する場合は，小さい果実や光沢の大きい果実を残して収穫するのがよいと判断された．

これらのことから，20℃で4日追熟後の‘露茜’果実のアントシアニン含量や不完全着色果発生に基づく収穫適期指標として，一斉収穫を行う場合は，不完全着色果が少なくなる，着色指数が10以上かつ果実硬度が1.30 kg以下となる時期が最適と考えられた．また，アントシアニン含量がより多い状態で収穫したい場合には，着色指数が10程度，果実硬度が1.50 kg程度の時期に果実の大きさや光沢を目安に1回目の収穫を行い，3日程度後に残りの果実を収穫するのが良いと考えられた．ただし，‘露茜’の着色は光条件等によっても左右されるため（大江ら，2013），今後，栽培条件が異なる園地も調査したうえで熟度指標を確立する必要がある．また，簡便に収穫適期を判断するため，カラーチャートの開発等も必要である．

最後にエチレン濃度について，既報（大江ら，2016）で着色始期の果実を追熟する場合，エチレンを除去あるいは無処理で追熟すると，果実のアントシアニンの量は増加せずに赤く色づかなかったことから，‘露茜’果実の収穫後の着色には外生エチレンが重要な役割を果たすことを明らかにした．よって次に，エチレン濃度による着色効果の違いを調査し，最適濃度を見いだそうとした．その結果，追熟に用いる着色始期前後の果実を用いた場合，エチレン処理濃度が480 ppm以上あれば，「露茜」果実を十分赤色着色させることが可能と判断された．今後は現地で大量に処理する方法の検討が必要である．

摘 要

本試験では，追熟に適した果実の収穫適期の客観的な指標づくりと追熟に必要なエチレン濃度を検討した．

1. 20℃で4日追熟後の‘露茜’果実のアントシアニン含量や不完全着色果発生に基づく収穫適期指標として，一斉収穫を行う場合は，不完全着色果が少なくなる，着色指数が10以上かつ果実硬度が1.30 kg以下となる時期が最適と考えられた．
2. アントシアニン含量がより多い状態で収穫したい場合には，着色指数が10程度，果実硬度が1.50 kg程度の時期に果実の大きさや光沢を目安に1回目の収穫を行い，3日程度後に残りの果実を収穫するのが良いと考えられた．
3. エチレン処理濃度は480 ppmが適切と考えられた．

引用文献

- 赤木知裕・大崎秀介・有田 慎・三宅英伸・根来圭一・末原慎也・佐藤尚也・仲 幸彦・松川哲也・三谷隆彦. 2011. 梅果実の紅色色素に関する研究. 農化講演集: 237.
- 羽山裕子・阪本大輔・中村ゆり・樫村芳記. 2009. 硬肉タイプのモモを軟化させるための簡便なエ

チレン処理方法. 日食保蔵誌. 35: 235-240.

Oe, T., N. Sakurai, K. Negoro, A. Kuwabara, M. Okamuro T. Mitani and M. Hosohira. 2012.

Relationships between surface blushing and qualitative components of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) 'Nanko' fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 11-18.

大江孝明・竹中正好・櫻井直樹・根来圭一・古屋挙幸・岡室美絵子・土田靖久. 2013. ウメ‘露茜’果実の熟度と着果条件がアントシアニンの蓄積およびその他の機能性成分含量に及ぼす影響. 園学研. 12: 411-418.

大江孝明・竹中正好・根来圭一・北村祐人・松川哲也・三谷隆彦・赤木知裕・古屋挙幸・岡室美絵子・土田靖久. 2016. ウメ‘露茜’果実の追熟条件がアントシアニンの蓄積とその他機能性成分含量に及ぼす影響. 園学研. 15: 439-444.

山口正己・八重垣英明・末貞佑子・土師 岳・三宅正則・内田 誠. 2008. ウメ新品種‘露茜’. 園学研. 7 (別 1) : 299.