

博 士 論 文

機能性成分と香りに優れた梅酒製造のための
ウメ果実の栽培・追熟方法に関する研究

平成25年3月

広島大学大学院生物圏科学研究科

大 江 孝 明

博 士 論 文

機能性成分と香りに優れた梅酒製造のための
ウメ果実の栽培・追熟方法に関する研究

平成25年3月

広島大学大学院生物圏科学研究科
環境循環系制御学専攻

大 江 孝 明

目次

第1章 緒論	1
第2章 機能性成分が多いウメ果実および梅酒の生産	
第1節 ウメ果実表面の紅色着色と機能性成分	7
第2節 着果位置の違いがウメ‘南高’果実の成熟および機能性成分含量に及ぼす影響	20
第3節 ウメ‘南高’果実の着果位置の違いが梅酒加工品の機能性成分に及ぼす影響	31
第3章 香りに優れた梅酒製造のための栽培・追熟方法	
第1節 ウメ‘南高’果実の追熟条件が梅酒の香気成分および苦み成分に及ぼす影響	41
第2節 ウメ‘南高’果実の着果位置の違いが梅酒加工品の香気成分および苦み成分に及ぼす影響	53
第3節 高い芳香成分を有する梅酒製造のためのウメ‘南高’果実の熟度指標	60
第4章 携帯型振動硬度計によるウメ‘南高’果実の非破壊硬度測定と高品質梅酒製造への応用	72
総合考察	91
Abstract	99
謝辞	103
引用文献	104

第1章 緒論

ウメの来歴

ウメ (Japanese apricot, *Prunus mume* Siebold et Zucc.) は、バラ科サクラ属スモモ亜属に属する落葉小高木で、中国、日本、韓国、台湾を中心とする東アジア地域で栽培されている (堀内, 1996a)。その原産は中国とする説が有力で、弥生時代中期には日本に伝わっていたと考えられ (梅田, 2009b)、古くは花の観賞用として利用されてきた。花を鑑賞するために育種されてきた「花ウメ」は、現在では約 400 品種が確認されている (梅田, 2009a)。一方、果実の利用については、中国において薬用として古くから重宝されてきたが、食用の果実として評価が急速に高まったのは明治時代以降になってからで、日本では主に、塩漬けにした保存食品「梅干し」として食され、ジュースや梅酒といった飲み物、菓子類に用いられている (林, 2009; 杉浦, 2010)。食用として利用される実ウメは 100 品種ほどが知られているが (堀内, 1996b; 梅田, 2009a)、経済栽培が行われている品種は限られている。日本各地で気候風土に適合し、収量が多く加工適正に優れている系統が選抜され、和歌山県は「南高」、群馬県は「白加賀」、福井県は「紅サシ」、長野県は「竜峡小梅」、徳島県は「鶯宿」といったように主力品種が各県で異なる (長谷部, 1996)。

ウメの栽培・加工の現状と課題

日本の実ウメ栽培面積は 17,700 ha で、カンキツ類、リンゴ、カキ、クリ、ブドウに次いで広く (農林水産省, 2011)、主要果樹の一つと言え、国内生産量 92,400 t のうち和歌山県が 56,500 t と約 61% を占めている (近畿農政局統計部, 2012)。和歌山県の主力品種である「南高」は、昭和 20 年代に和歌山県みなべ地域で選抜され、現在では県全体の約 70% を占める (堀内, 1996b; 平, 2012)。豊産性で、樹上で完熟まで熟す特徴を有するため、果肉が柔らかい梅干しに仕上がることから、高い評価を得ている (牧野, 2008)。

ウメは生食されることがなく、ほとんどすべてが加工される。国産ウメの流通については、一般の青果物と同じように青梅として卸売市場へ出荷されるルート、生産者が一次加工した白干し梅 (塩漬けして天日干しした梅) を加工業者に梅干し原料として販売するルート、梅酒メーカーなどへの業務需要などがある。長期的にみると、ウメの国内供給量は 2009 年時点で 1980 年の 2 倍以上に増加しており、新しい梅を用いた製品開発が主な要因と考えられている (長谷部, 1996)。農林水産省の平成 21 年産特産果樹生産動態等調査によると、収穫量のうち約 66% が梅干しや梅漬 (塩漬けしただけの梅) への加工用に、約 9% が梅酒などの飲料への加工用に仕向けられており、青梅として市場出荷されるのは全体の約 24% となっている。加工品の中心となる梅干しおよび梅漬の生産量は約 53,000 t であるが、近年その消費は減少傾向であり、総務省家計調査によると、購入数量は 2011 年にはピークであった 2002 年の 73% にまで減少している。さらに近年では梅干し加工原料の約半分が中国等からの輸入品で占められており、国産梅干しの消費の維持・拡大が大きな課題である。

一方で市販の梅酒の市場規模は拡大しており、日本洋酒酒造組合調べの洋酒移出数量調査表によると、2011年には44,700 kLと、2001年の142%にまで増加している。また、近年消費が伸びている加工品の一つとして、ウメの果汁などを煮詰めて濃縮した梅肉エキスが挙げられ、年間50億円程度の市場規模があるとされる(尾崎ら, 2008)。このような消費の拡大はウメのもつ健康イメージが大きく関係していると思われる。今後も果実加工品の消費の増加が予想されることから(稲熊, 2012)、ウメ果実やその加工品における機能性に関するデータの蓄積と、品質向上がさらなる消費拡大に重要であると思われる。

ウメ果実およびウメ加工品の機能性成分

ウメは健康によい果物として古来より位置づけられており、健康食品として利用されてきた(杉浦, 2010)。日本では「ウメはその日の難のがれ」や「ウメは三毒を断つ」という諺も知られているが(間苧谷, 2000)、これまでその機能性成分についての詳しい解析や、ヒトを対象とした介入試験はあまり行われておらず、言い伝えのレベルにとどまってきた。そのため、近年ではウメ果実やその加工品の機能性についての科学的解析が進められている(金銅・赤木, 2007; 尾崎, 2008)。

果実については、木村ら(2006)がウメの脱顆粒抑制作用(抗アレルギー活性)が比較的強いこと、尾崎ら(2000)がウメ果実のペクチン質が培養大腸がん細胞において、発ガンにつながるシクロオキシゲナーゼ-2(COX-2)遺伝子のプロモーター転写活性を抑制することを見いだしている。Sakagamiら(2001)は、果実の抽出物が腸管出血性大腸菌 O-157 に対して、ベロ毒素の産生を抑制することを報告している。Inaら(2004)はウメ果実に含まれるベンジルグルコシドが、エーテルストレス下の閉経モデルラットにおいて、ドーパミンレベルを上昇させ、緊張を和らげる可能性を報告している。果実のポリフェノール成分については、Jongら(2006)が通常の細胞に作用せずにガン細胞の増殖を抑制する化合物を見出している。Miyazawaら(2006)は、(+)-Syringaresinolが胃炎の一因とされる *Helicobacter pylori* の活動を抑制することを報告している。渡辺ら(2001)は、果実に含まれるベンジルビシアノシドがラットおよびヒトの血流を改善することを報告している。

梅干しについては、その加工工程で副産物として生じる梅酢を用いた研究がなされている。高寺ら(2004)は高コレステロール飼料で飼育したラットに梅酢抽出物を与えることで血清中の過酸化脂質および肝臓中のトリグリセライド含量が低下し、脂質代謝が改善すると報告している。渡辺ら(1999)はヒトでの摂取で脱塩梅酢が血流改善作用を有することを報告している。

梅酒については、玉置ら(2002)が抗変異原性を明らかにし、白坂ら(1999, 2003)が梅酒中の抗酸化成分の一つとしてリオネシノールを単離し、その抗変異原性を確認している。ヒトでの飲用試験において、富田(2003, 2006)がLDLコレステロールの減少、便通改善および菌叢改善効果を報告している。また、吉川ら(2004, 2008)は拡張期血圧および収縮期血圧の低下とHDLコレステロールの増加を報告している。

梅肉エキスについては、戦前から家庭内で調製され、それを用いる民間療法が普及していたが、近年、整腸作用をもつ健康食品として摂取が増加し、工業的な製造が増えている。その機能性としては、ヒトインフルエンザ A 型ウイルスの感染抑制作用があり (Yingsakmongkon ら, 2008), その作用はムメフラールによること (Sriwilaijaroen ら, 2011) が報告されている。また、血流改善作用 (Chuda ら, 1999), *Helicobacter pylori* に対する殺菌効果 (藤田ら, 2002), 胃潰瘍抑制効果 (岸川ら, 2002), 抗変異原性 (堂ヶ崎ら, 1992), 血圧上昇に関係するアンジオテンシン II の抑制効果 (宇都宮ら, 2001; Utsunomiya ら, 2002) も報告されている。

このように、ウメ果実およびその加工品の機能性について詳細な研究が進められている。健康を改善もしくは病気のリスクを低減する機能性成分 (尾崎, 2004; 矢野, 1999) のうち、ウメに豊富な既知のものとして確認されているのは、疲労回復効果や血流の改善効果を有するクエン酸 (伊藤, 1991; 尾崎, 2004; 清水, 2004) などの有機酸, 糖アルコールの一種で整腸作用を有するソルビトール (伊藤, 1991; 戸田・高野, 2006), 抗酸化性やコレステロール上昇抑制作用を有する β -カロテン (稲熊, 2005; Suganuma ら, 2002; 田中, 2002; 田中, 2005; 矢野ら, 2002) およびポリフェノール類 (石川ら, 1999; 田中, 2003) が挙げられる。このうち有機酸については、消化液に含まれる胆汁酸等と協奏的に作用し、病原菌の生育を抑制することも報告されている (能勢ら, 1988a, b)。クエン酸については、その摂取により、運動後の血中乳酸濃度を低下させることも実証されている (三宅ら, 1999)。ウメに含まれるポリフェノールについては、近年、詳細な研究が進められている。ウメ果実が活性酸素を消去する能力である抗酸化能が他の果実や野菜と比較して高位であり (木村ら, 2002; 三谷・矢野, 2006), ラットにウメ果実のポリフェノール画分を経口投与すると血中の抗酸化能が上昇することが報告されている (三谷・矢野, 2006; 山西ら, 2005)。活性酸素は多くの疾病の原因となり、抗酸化成分の生活習慣病予防効果が期待されている (青柳, 2008; 大澤, 2005)。また、梅酢から合成吸着樹脂などで処理して、ポリフェノールを分離し (稲葉ら, 2011), 実験動物に対する健康増進作用の評価が進められている (三谷, 2010; 三谷・矢野, 2006)。これまでに強制遊泳装置を用いたマウスの抗疲労作用 (高橋ら, 2010), 高脂肪食投与マウスに対する体重増加抑制作用 (河合ら, 2010), 骨粗鬆症モデル動物である卵巣摘出ラットに対する骨密度改善作用 (菱本ら, 2009), マウスの食後血糖値の上昇抑制作用 (三谷ら, 2009), 自然発症高血圧ラットに対する血圧降下作用 (山崎ら, 2011) が明らかにされている。現在、ヒト介入試験も行われている。

このように近年明らかにされつつあるウメ果実やその加工品の機能性成分は、ウメの消費拡大や差別化を図るうえで有用と考えられるが、その含量は熟度や栽培要因によって大きく変化することが予想される。しかし、このような栽培面からの知見は、有機酸を除いては少ないのが現状である。

ウメ果実およびウメ加工品の香気，食味

ウメ果実の香りについては，果実，梅干しおよび梅酒での報告がみられる．果実では，時友・保坂（2003）が‘甲州小梅’について，熟度が進行するにつれて(Z)-3-ヘキセノール等のアルコール類が減少し，エステル類やラクトン類が増加することを，また，三宅ら（2010，2011）が，国内で栽培されている主要6品種と新品種3品種の果実の香気成分組成を調べ，酪酸ブチルや酢酸ブチルなどのエステル類が大部分を占め，果肉に多く存在することを報告している．梅干しでは，石田（2001）が原料梅と加工した梅干しの香気成分に大きな違いがあり，梅干し加工中にエステル類が減少し，ベンズアルデヒドや酢酸が多く生成することを報告している．

梅酒では，木村・岩田（1990）が‘白加賀’等について青果と黄熟果を用いた場合の香気成分の違いを，時友ら（2005）が‘甲州小梅’について， γ -デカラクトン， δ -デカラクトンが甘い香りに大きく寄与することを報告している．また，蟻川ら（1997）は漬け込み年数の増加とともに，ベンズアルデヒドが安息香酸や安息香酸エチル等に変化するなど，香気成分が増加することを報告している．

このようなウメ果実やその加工品の香気成分は，差別化を図るうえで有用と考えられるが，特に，‘南高’を用いた梅酒についての報告は少なく，熟度や栽培環境との関係を詳細に調査した事例は見あたらないのが現状である．

ウメ加工品の品質向上に関する研究

ウメの加工に関して，梅干しでは本研究で取り上げる‘南高’についても，これまでに様々な検討が行われ（南部川村梅加工開発センター，1987，1988，1989，1990），主に，熟度や加工方法に対する柔らかさ等の官能評価との関係が調査されている．これらの結果から，種が小さく果肉が多く皮が薄くて破れにくい，ふっくらした柔らかい食感のものが品質の良い梅干しの条件とされ，採取時期が早いとふっくらと仕上がらない「ガリ」と呼ばれる梅干しが，また遅いとおつぶれた梅干しが多く発生して良品率が低下することから，黄化した果実が20～50%程度混在する時期が白干梅の最適熟度とされている（南部川村梅加工開発センター，1987）．このように良品の梅干しに仕上げるには完熟期まで熟度を進めた果肉歩合の大きい果実を用いる必要があり，和歌山県の主産地では生産者が白干し梅として販売する場合は，敷設したネット上に完熟落下させて収穫するのが一般的となっている．また，他の品種も含め，ミネラル，糖，有機酸およびアミノ酸の成分面について，加工工程での変化や熟度による違いが報告されている（古市ら，2005；金子ら，1989；Odakeら，1999；乙黒・樋川，1983）．

一方で，小梅を使った堅い梅干し「カリカリ梅」も消費者に好まれ，‘甲州小梅’について，熟度，加工方法の面から様々な検討が行われ，その製造に適した果実熟度やカルシウム添加による硬度保持方法等が明らかにされている（小竹ら，1995；乙黒，1996；乙黒・

金子, 1993 ; 乙黒・金子, 1994b ; Ootoguro ら, 1995) .

糖抽出液については, 果汁抽出率の品種間差や‘南高’における収穫適期(垣内ら, 1985b), ポリフェノールをより多く抽出するための加工方法 (尾崎ら, 2011) が報告されている.

梅酒については, 新たな梅酒製造方法 (高辻ら, 1992) , 筆者らの機能性成分を高める加工方法 (大江ら, 2009) , 貯蔵中の成分変化 (富永ら, 2001) についての報告がみられるものの, 原料果実の違いが梅酒の品質に及ぼす影響についての報告は少ない. 一般に品質の高い梅酒を作るには, 「青くて堅い」果実が適するとされるが (藤巻, 2002) , その理由は明確ではない. 果実の熟度と梅酒品質との関係についての報告は少なく, ‘白加賀’ (Kaneko ら, 1998) や ‘甲州小梅’ (三枝ら, 1986) では, 熟した果実の方が苦みの少ない梅酒に仕上がるとの報告もみられるが, ‘南高’に関する報告はほとんどないため, 筆者らは主に果実熟度との関係に着目し, 詳細に調査してきた (大江ら, 2006b, 2007a, 2008) . この中で果実および梅酒の機能性成分含量や抗酸化能が, 果実の採取時期, 大きさ, 収穫後の熟度進行により変動することを見いだしてきた. しかし, 食味成分との関係や熟度以外の栽培要因と機能性成分との関係については明らかとなっていない.

このように日本の主要果樹であるにも関わらず, 他の果樹に比べてウメ果実成分に関する研究は限られたものである. 上記以外の成分では, 糖およびアミノ酸 (稲葉・中村, 1981 ; 垣内ら, 1985a ; 乙黒・金子, 1994a ; 八並ら, 1988) , 種子の脂質成分 (萩原ら, 1982) , 種子に多量に含まれる青酸配糖体 (大坪・池田, 1994 ; 辻沢ら, 1986) についての報告がみられる程度である. 前述のとおり, 梅干しの消費が減少し, 輸入量が増加する中, 国産品の差別化, 個性化商材作り (高品質生産技術) に対する生産者の要求が高まっており, 果実や加工品の内容成分に対する栽培方法の影響についての解明が求められている.

本研究は機能性成分と香りに優れた梅酒製造のため, ウメ‘南高’果実の栽培および熟度管理技術について明らかにしようとした. また, その一環として果実の機能性成分が高まる栽培要因についても明らかにしようとした.

本論文の第2章では, ウメ果実および梅酒の機能性成分が高まる栽培要因と熟度管理技術について調査した. 1節では‘南高’が陽光下では紅色に着色する点に着目し, 果実表面の紅色着色程度の違いと果実の機能性成分含量との関係を調査した. 2節では果実外観から判断して樹冠内層果実を外層果実よりも収穫時期を遅らせる現状の収穫方法について, 果実の機能性成分含量の面から効果を検証した. 3節ではこのような収穫方法について, 梅酒加工品の機能性成分含量の面から効果を検証した.

本論文の第3章では, 香りに優れた梅酒製造のための栽培および追熟方法について調査した. 1節では梅酒の香りを高め苦み成分を少なくするための追熟条件について調査した. 2節では原料果実の着果位置の違いが梅酒の香りおよび苦み成分に与える影響を調査した. 3節では高い芳香成分を有する梅酒製造のための原料果実の熟度指標を調査した.

本論文の第4章では, 第3章で高い芳香成分を有する梅酒を製造するために, 原料果実

の熟度指標となることが明らかとなった果実硬度について、レオメータに代わる汎用性の高い携帯型の硬度測定法について調査した。

第2章 機能性成分が多いウメ果実および梅酒の生産

第1節 ウメ果実表面の紅色着色と機能性成分

緒言

一般的に、果実品質は大きさ、着色といった外観に加えて、糖、酸の含量や硬さで差別化されている。品質向上のために、これらの項目の非破壊測定法についても検討されてきた (Kawano ら, 1993 ; Taniwaki and Sakurai, 2010) 。しかし、第1章で述べたように、生のウメ果実は食されないことから、食味で差別化を図ることは難しい。一方で、近年消費者の健康意識が高まり、果実がもつ保健機能について注目されている。そのため、果実類に含まれる機能性成分含量および抗酸化能の品目、品種別の比較 (Mercadante and Rodriguez-Amaya, 1998 ; Prior ら, 1998 ; Strangeland ら, 2009 ; 須田ら, 2005 ; Sun ら, 2002 ; Velioglu ら, 1998 ; Wang ら, 1996 ; Wang and Lin, 2000) や、これらを増やすための熟度 (Çelik ら, 2008) 並びに栽培技術 (西川ら, 2011) の検討が行われている。ウメと同じ核果類の西洋スモモではポリフェノール含量および抗酸化能について、品種別の比較 (Kim ら, 2003a, b ; 小嶋ら, 2005) , 抗酸化能に寄与するポリフェノール成分の特定 (Chun ら, 2003a, b ; Kayano ら, 2002, 2003 ; Nakantani ら, 2000) , アントシアニン組成の品種および熟度別の違い (Usenik ら, 2009) , 果実およびジュース加工品の含量の比較 (Donovan ら, 1998) 等の様々な検討が行われている。ところが、ウメは古くより健康食品として認知され薬用的に利用されているにも関わらず、健康に関係する成分が栽培条件によりどのように影響を受けるかはあまり調査されていない。

これまでに筆者らは、品種育成の面から、主要なウメ品種の機能性成分を調査して‘地蔵梅’に β -カロテン含量が多いことを見だし (大江ら, 2006a) , ‘南高’との交雑により、生産性に優れて β -カロテン含量が多い‘橙高’を育成した (根来ら, 2007) 。一方、栽培面からは、機能性成分含量や抗酸化能が果実の採取時期、大きさ、収穫後の熟度進行により変動することを報告した (大江ら, 2006b, 2007a, 2008) 。さらに、一般的に抗酸化能に関係するポリフェノールの含量は、土壌条件 (久保田・工藤, 1992) , 温度 (苦名ら, 1979 ; 山田ら, 1988) , 栽培管理 (久保田ら, 1993a, b) などにより大きく左右されることが知られている。

一方、和歌山県の主要品種である‘南高’は、陽が当たると部分的に紅色を帯びる特徴をもつ。紅色着色に関する研究は他の果実で多くなされている。例えば、マンゴーで光の強さが果皮の紅色発現に関係していること (佐々木・宇都宮, 2002) , レモンおよびリンゴで果皮の抗酸化能は光により高まることが報告されている (Kondo ら, 2003) 。また、紫外光がポリフェノールの一種である紅色色素のアントシアニン生成を増加させることが、オウトウ (Arakawa, 1993 ; Kataoka ら, 1996) やモモ (Kataoka and Beppu, 2004) で報告されている。ウメについても紅色を帯びる陽光果はポリフェノール含量や抗酸化能が高いと期待できる。さらに、果実表面の30%以上鮮明に紅色着色した果実は外観の美しさ

から通常の果実の2~3倍程度で取引されている。よって、紅色着色を促進させるために有効な生産技術を明らかにすることは、生産者の収益性向上に大いに役立つ。しかし、筆者らの知る限りではウメについて紅色着色のメカニズムや紅色着色果実の品質に関する研究はほとんどみられない。

そこで本節では、ウメ果実の機能性成分を高める栽培管理技術を確立する一環として、果実表面の紅色と有機成分および抗酸化能との関係について検討した。

材料および方法

1. 果実の紅色着色と機能性成分含量との関係(試験1)

和歌山県日高地域植栽の‘南高’について、2002年は3樹、2007年は5樹を供試した。青果収穫期(2002年6月7日、2007年6月4日)に、果実表面の25%以上着色した果実(紅色着色果実)と、近接する全く着色していない果実(無着色果実)を樹冠外周部の平均的な大きさの果実から採取した。両区とも2002年は各樹10果、2007年は各樹5果を採取した。熟度進行とともに変化して熟度指標となる、果実重、果形指数(縦径/横径)、レオメータ(COMPACT-100, サン科学)による果実硬度、色差計(NR-3000, 日本電色)による果皮色 b^* 値を測定した。レオメータによる果実硬度は、直径5 mmの円柱形プランジャーを装着して、 $1\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ の速度で1 mm貫入する時の最大負荷を、果皮色 b^* 値は非着色側の果実赤道部の値(各果1か所)を測定した。紅色部分が果実表面に占める割合は過去の報告(Whale and Singh, 2007)を参考に、5%刻みで目視により調査して0~100%で数値化した。2002年は果皮色 a^* 値についても紅色着色果実の着色部分と無着色果実の赤道部で測定した。測定した果実是有機成分の分析に供試した。果肉(果皮を含む、以下同様)を各果からほぼ均等に各区とも合計10 g取り、分析まで -28°C のフリーザー中に保存し、後に、有機酸、ソルビトール、 β -カロテンおよびポリフェノール含量並びに抗酸化能を分析した。まず、10 gの冷凍試料を80%エタノール溶液でホモジナイズし、100 mLに定容した。抽出液は $0.45\ \mu\text{m}$ のフィルターを通し、有機酸とソルビトールはHPLC(LC-10Avp, 島津製作所)で、ポリフェノール含量と抗酸化能は分光光度計(V-550, JASCO)を用いて測定した。有機酸は直結した2本のShim-pack SCR-102Hカラム($300\times 7.9\text{ mm}$, 島津製作所)を用いて、カラム温度 40°C で分析した。移動相は5 mM *p*-トルエンスルホン酸で流速 $0.8\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 、緩衝液(pH7.1)は100 μM EDTA および20 mM Bis-Trisを含む5 mM *p*-トルエンスルホン酸で流速 $0.8\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ とし、電気伝導度検出器(CDD-6A, 島津製作所)で測定した。ソルビトールはShim-pack SCR-101Pカラム($300\times 7.9\text{ mm}$, 島津製作所)を用いて、カラム温度 80°C で分析した。移動相は水で流速 $1\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ とし、示差屈折検出器(RID-10A, 島津製作所)で測定した。ポリフェノール含量は、鈴木ら(2002)の方法を参考にFolin-Ciocalteu法で測定し、クロロゲン酸相当量として表した。25倍希釈したFolin-Ciocalteu試薬5 mLに0.2 mLの試料溶液を加えて攪拌し、3分後、1 mLの10% Na_2CO_3 を加えて攪拌して60分間室温で放置した後、760 nmの吸光度を分光光度計で測定

した。抗酸化能は小林（1999）の方法を参考に、安定ラジカルである 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) を用いてフリーラジカル消去能を測定し、 α -トコフェロール相当量として表した。0.8 mL の 0.1 M Tris 緩衝液 (pH7.4) と 1 ml の 500 μ M DPPH エタノール溶液の混合液に 0.2 mL の試料溶液を加えて攪拌し、室温で 20 分間反応させた後、分光光度計を用いて 517 nm の吸光度を測定した。 β -カロテン含量の測定は過去の報告（満田ら, 2002 ; 浜渦・茶珍, 1995）に準じ、HPLC で以下の方法により行った。10 g の冷凍試料をアセトンでホモジナイズし、アセトンで残渣を洗いながらガラスフィルター（11G-3, Sansyo）を通した。抽出液を 100 mL にメスアップし、0.45 μ m のフィルターに通した。分析は Shim-pack VP-ODS カラム（150 \times 4.6 mm, 島津製作所）を用いて、カラム温度 40°C で行った。移動相は A 液（90% アセトニトリル）と B 液（酢酸エチル）のグラジェント（0~13 分にかけて A 液を 100% から 50%, B 液を 0% から 50% にし、その後 23 分まで A 液を 50%, B 液 50% を保持）で流量 1.5 mL \cdot min⁻¹ とし、UV-VIS 検出器（SPD-10AVvp, 島津製作所）で 450 nm 吸光度を測定した。統計処理は *t* 検定で行った。

2. 果実への紫外光の遮断と紅色着色および機能性成分含量（試験 2）

和歌山県うめ研究所植栽の‘南高’について、2005 年は 1 樹、2007 年は 4 樹の陽光下の果実を供試した。直射日光の当たる果実のうち 2005 年は 8 果、2007 年は 10 果を収穫前約 3 週間（2005 年は 25 日間、2007 年は 19 日間）、400 nm 以下の光を遮断する UV カットフィルム（キング製作所）で被覆し（以下 UV カット果実）、近接する他の 8 ないし 10 果を直射日光に当て、無処理果実とした。青果収穫盛期（2005 年 6 月 14 日、2007 年 6 月 4 日）に果実を採取し、紅色着色割合を調査した。2005 年に試験 1 と同様に陽光側の果皮色 a^* 値を調査するとともに、両年とも有機成分および抗酸化能を分析した。なお、2005 年は 1 樹のみを供試したため、果実ごとに分析した。統計処理は *t* 検定で行った。

3. 果実への紫外線照射と紅色着色および機能性成分含量（試験 3）

2010 年に和歌山県うめ研究所植栽の‘南高’1 樹の樹冠内部の直射日光がほとんど当たらない果実を供試した。収穫 10 日前の夜間に 12 時間、UV ランプ（GL8E, 8W, ピーク波長 306 nm, 三共電気）により、UV を反射マルチに反射させて果実に照射した。UV メーター（Lutron UV-340, 測定範囲 290-390 nm, EKT Eelectronics）で測定した反射マルチの UV 光の反射率（地上 40 cm での反射光測定値/直射光測定値 \times 100）は、68% であった。反射マルチは樹冠外周下（主幹より 1~2.5 m の距離）の片側（照射側）に敷設し、UV ランプは主幹から 2.5 m に設置した。青果収穫期（2010 年 6 月 20 日）に果実を採取し、照射側の樹冠内部の紅色着色果実 10 果（UV 照射果実）と照射側の反対側の無着色果実 10 果（無処理果実）を採取した。紅色着色割合を調査した後、UV 照射果実は紅色着色面と無着色面に分けた。果実ごとに試験 1 と同様に有機成分および抗酸化能を調査した。統計処理は *t* 検定および Tukey の検定で行った。

4. 果実に日光を当てる各種処理の紅色着色および機能性成分含量に及ぼす影響(試験 4)

和歌山県日高地域植栽の‘南高’について、2003 年は 1 樹、2004 年は 3 樹を供試した。1 樹につき 10 果の果実周辺の枝葉を収穫 3~4 週間（2003 年は収穫 28 日前、2004 年は収穫 22 日前）に剪除して果実に日光を当て（以下陽光果実）、近接する直射日光がほとんど当たらない果実 10 果を対照（無処理果実）とした。青果収穫期（2003 年 6 月 6 日、2004 年 6 月 8 日）に落果せずに残った果実（各樹 7~10 果）を採取し、両年とも試験 1 と同様に着色割合、有機成分および抗酸化能を調査した。加えて、アントシアニン含量を上田（2000）および赤木ら（2011）の方法をもとに測定した。すなわち、10 g の冷凍試料を 5 %酢酸でホモジナイズして 100 mL に定容した。それを 4°C の暗黒下に 24 時間おいてアントシアニンを抽出し、抽出物は 0.45 μm フィルターを通した。アントシアニン量は、HPLC により Shim-pack VP-ODS カラム（150×4.6 mm、島津製作所）を用いて、カラム温度 40°C で測定した。移動相は A 液（10%酢酸）と B 液（40%アセトニトリルを含む 10%酢酸）のグラジエント（0~20 分にかけて A 液を 100%から 0%、B 液を 0%から 100%にし、その後 40 分まで B 液 100%を保持）で流量 1 mL・min⁻¹とし、UV-VIS 検出器で 530 nm 吸光度を測定した。アントシアニンの分析は 2003 年の試験のみ果実ごとに行った。

また、2007、2008 年に和歌山県日高地域において、オウトウやリンゴ等で着色促進のために用いられている 2 種の反射マルチを収穫前 40 日間、樹冠外周下に敷設して紅色着色促進効果を調査した。2 種の反射マルチは、穴のない白色のもの（DuPont）と 30×20 cm 間隔で直径 8 mm の穴がある銀色のもの（日立 AIC）を用いた。加えて、2008 年は各反射マルチの光量子と紫外光の反射率（地上 40cm での反射光測定値/直射光測定値 × 100）を光量子計（LI-250A, LI-COR）と紫外光計（Lutron UV-340, EKT Eelectronics）で調査した。統計処理は Tukey の検定で行った。

結果

1. 果実の紅色着色程度と機能性成分含量(試験 1)

紅色着色した果実の着色割合は両年とも 36%で、2002 年の果皮色 a*値は紅色着色果実が無着色果実に比べて大きかった（第 1 表）。紅色着色果実と無着色果実の間には、果実重、果形指数（縦径/横径）、果実硬度では有意差がみられないにもかかわらず、果肉（果皮を含む）のいくつかの有機成分や抗酸化能に違いがみられた（第 2 表）。2002 年、2007 年ともに紅色着色果実は果肉中のクエン酸および総有機酸（クエン酸とリンゴ酸の合計）の含量が無着色果実に比べて有意に多く、それぞれ 1.06~1.12 倍および 1.05~1.07 倍であった。リンゴ酸および β-カロテン含量は紅色着色果実と無着色果実との間に有意差がなかった。紅色着色果実は 2007 年のソルビトール含量が無着色果実に比べて有意に多く、1.53 倍であった。両年とも紅色着色果実はポリフェノール含量が無着色果実に比べて有意に多く、1.27~1.28 倍であり、抗酸化能が無着色果実に比べて有意に大きく、1.20~1.28

倍であった。

2. 果実への紫外光の遮断と紅色着色および機能性成分含量(試験 2)

無処理果実は果実表面の 2005 年が 36%, 2007 年が 44%の部分で紅色が発現したが, UV カット果実は全く発現しなかった(第 3 表)。UV カット果実は陽光面の果皮色 a^* 値が無処理果実に比べて有意に低かった。UV カット果実は果肉中のクエン酸含量が無処理果実に比べて 2005 年では有意に多く, 1.06 倍であったが, 2007 年では有意差はみられなかった。リンゴ酸, 総有機酸およびソルビトール含量は, UV カット果実と無処理果実との間に有意差がみられなかった。β-カロテン含量における UV カットの影響については一定の傾向が見られなかった。すなわち, UV カット果実が無処理果実に比べて 2002 年は有意に多く, 1.06 倍であったが, 逆に 2007 年は有意に少なく, 0.74 倍であった。無処理果実は両年とも UV カット果実に比べてポリフェノール含量が有意に多く, 1.24 倍であり, 抗酸化能が有意に大きく, 1.24~1.25 倍であった。

3. 果実への紫外線照射と紅色着色および機能性成分含量(試験 3)

UV 照射果実は果実表面の 23%の部分で紅色が発現した(第 4 表)。果肉中の有機酸, ソルビトールおよびポリフェノール含量は UV 照射果実と無処理果実との間に有意な差がみられなかった。UV 照射果実の紅色着色面は, 無処理果実に比べて抗酸化能が有意に大きく, 1.40 倍であった。

4. 果実への光量を高める各種処理と紅色着色および機能性成分含量(試験 4)

陽光果実は両年とも無処理果実(0~5%)に比べて広く紅色が発現し, 果実表面の 23~33%の部分で紅色が発現した(第 5 表)。果肉中の有機酸および β-カロテン含量は陽光果実と無処理果実との間に有意差がみられなかった。陽光果実はソルビトール含量が無処理果実に比べて 2003 年は有意に多く, 1.43 倍であった。陽光果実はポリフェノール含量が無処理果実に比べて有意に多く, 1.15 倍であり, 総アントシアニン(cyanidin-3-glucoside と cyanidin-3-rutinoside の合計)が有意に多く, 8.09 倍であった。陽光果実は抗酸化能が無処理果実に比べて両年とも有意に大きく, 1.17 倍~1.24 倍であった。一方, 2 種類の反射マルチを 40 日間樹冠外周下へ敷設しても鮮明には紅色着色しなかった。反射率は光量子, 紫外光ともに日光の 21%以下であった(第 6 表)。

第1表 紅色着色の有無とウメ果実の品質

	紅色着色		果皮色 ^z			果実重		果径指数 ^y		果実硬度 ^x	
	割合		着色側	非着色側		(g)				(kg)	
	(%)		a*値	b*値							
	2002	2007	2002	2002	2007	2002	2007	2002	2007	2002	2007
紅色着色果実 ^w	36	36	28.2	35.3	31.8	28.9	40.4	1.05	1.06	1.21	1.94
無着色果実	0	0	-8.9	33.2	30.6	27.9	40.4	1.06	1.07	1.47	2.11
有意性 ^v	**	**	**	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z果皮色 a* 値は紅色着色果実が着色部の中央を測定し，無着色果実が赤道部を測定

果皮色 b* 値は果実の非着色側の赤道部を測定

^y縦径 / 横径

^xレオメータによる硬度で，直径5 mmの円柱形プランジャーにより1 mm・s⁻¹で1 mm侵入する時の最大負荷

^w果実表面の25%以上着色した果実

^vNSおよび*はそれぞれt検定により，有意差がないことおよび5%水準で有意差があることを示す (2002年はn = 3, 2007年はn = 5)

第2表 紅色着色の有無と果肉の機能性成分および抗酸化能

	有機酸 (g・100g ⁻¹ FW) ^z										抗酸化能			
	クエン酸		リンゴ酸		総量		ソルビトール		β-カロテン		ポリフェノール			
	2002	2007	2002	2007	2002	2007	2002	2007	2002	2007	2002	2007		
紅色着色果実 ^w	4.23	4.14	1.52	2.02	5.74	6.16	450	234	0.41	0.26	103	128	416	583
無着色果実	3.78	3.89	1.59	1.99	5.37	5.88	252	152	0.22	0.24	81	100	348	454
有意性 ^v	*	*	NS	NS	**	*	NS	**	NS	NS	*	**	*	*

^z総量はクエン酸とリンゴ酸の合計

^yCEはクロゲン酸相当量を示す

^xTEはα-トコフェロール相当量を示す

^w果実表面の25%以上着色した果実

^vNS, *および**はそれぞれ検定により, 有意差がないこと, 5%水準で有意差があることおよび1%水準で有意差があることを示す (2002年はn = 3, 2007年はn = 5)

第3表 果実への紫外光遮断が紅色着色、機能性成分および抗酸化能に及ぼす影響

	紅色着色		陽光面の															
	割合 (%)		果皮色 a 値 ^z		クエン酸		リンゴ酸		有機酸 (g・100g ⁻¹ FW) ^y		ソルビトール (mg・100g ⁻¹ FW)		β-カロテン (mg・100g ⁻¹ FW)		ポリフェノール (mgCE・100g ⁻¹ FW) ^x		抗酸化能 (μmolTE・100g ⁻¹ FW) ^w	
	2005	2007	2005	2007	2005	2007	2005	2007	2005	2007	2005	2007	2005	2007	2005	2007	2005	2007
UVカット果実 ^v	0	0	-1.4		4.76	4.03	1.58	1.55	6.33	5.58	452	159	0.85	0.23	104	509	463	
無処理果実	44	36	35.1		4.50	3.80	1.72	1.88	6.22	5.67	471	122	0.71	0.31	129	630	578	
有意性 ^u	***	***	**		**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*	**	**	*

^z果皮色 a 値は紅色着色果実が着色部の中央を測定し、無着色果実が赤道部を測定

^y総量はクエン酸とリンゴ酸の合計

^xCEはクロロゲン酸相当量を示す

^wTEはα-トコフェロール相当量を示す

^v樹上の陽光果実について、UVカット果実はそのままだけで覆い、無処理果実はそのまま日光にさらした

^uNS, * および ** はそれぞれ検定により、有意差がないこと、5%水準で有意差があることおよび1%水準で有意差があることを示す (2005年はn = 8, 2007年はn = 4)

第4表 樹上果実へのUV照射処理が紅色着色，機能性成分および抗酸化能に及ぼす影響

	紅色着色		有機酸 (g・100g ⁻¹ FW) ^z		ソルビトール		ポリフェノール		抗酸化能	
	割合 (%)	クエン酸	リンゴ酸	総量	(mg・100g ⁻¹ FW)	(mgCE・100g ⁻¹ FW) ^y	(μmolTE・100g ⁻¹ FW) ^x			
UV照射果実	23 a ^w									
紅色着色面		4.62 a	0.94 a	5.56 a	41 a	94 a	363 a			
非着色面		4.58 a	0.94 a	5.51 a	38 a	77 a	285 ab			
無処理果実		0 b	4.73 a	1.11 a	5.84 a	47 a	259 b			

^z総量はクエン酸とリンゴ酸の合計

^yCEはクロロゲン酸相当量を示す

^xTEはα-トコフェロール相当量を示す

^w異なる符号はt検定またはTukeyの方法により5%水準で有意差があることを示す (n = 10)

第5表 果実周辺の枝葉剪除が紅色着色、機能性成分および抗酸化能に及ぼす影響

	紅色着色																		
	割合		有機酸 (g・100g ⁻¹ FW) ^z				ソルビトール (mg・100g ⁻¹ FW)				β-カロテン (mg・100g ⁻¹ FW)		ポリフェノール (mgCE・100g ⁻¹ FW) ^y		アントシアニン (μg・100g ⁻¹ FW) ^x		抗酸化能 (μmolTE・100g ⁻¹ FW) ^w		
	2003	2004	クエン酸	2003	2004	リンゴ酸	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003
陽光果実 ^v	23	33	3.44	4.21	2.02	1.76	5.46	5.97	226	241	0.18	0.29	180	175	383	557	381	752	
無処理果実	0	5	3.39	4.17	2.08	1.98	5.47	6.15	158	232	0.18	0.23	157	19	50	69	326	607	
有意性 ^u	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	**	**	**	**	**	*

^z総量はクエン酸とリンゴ酸の合計

^yCEはクロロゲン酸相当量を示す

^xC3G, C3Rおよび総量はcyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-rutinosideおよびそれらの合計を示す

^wTEはα-トコフェロール相当量を示す

^v陽光果実は果実周辺の枝葉を剪除して太陽光に22~28日間当たった

^uNS, *および**はそれぞれ検定により、有意差がないこと、5%水準で有意差があることおよび1%水準で有意差があることを示す (2003年はn=7-10, 2004年はn=3)

第6表 様々な反射マルチの紅色着色，光量子および紫外光に対する効果²

	紅色着色 割合 (%)	光量子		紫外光	
		($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	反射率 (%)	($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	反射率 (%)
白色マルチ (穴なし)	0	368 a ^y	21	8.1 a	19
銀色マルチ (穴あり)	0	328 a	19	6.3 b	15
無処理	0	36 b	2	1.3 c	3
直射光	—	1738 —	—	41.8 —	—

²光量子と紫外光は地上40 cmで，紫外光は290～390 nmの波長を測定
 反射率は，地上40 cmの値 / 直射光×100

^y異なる符号はTukeyの方法により5%水準で有意差があることを示す (n = 24)

考察

これまでに筆者らは、ウメ果実の有機酸、ソルビトール、 β -カロテン、ポリフェノールなどの有機成分含量や抗酸化能は、果実の開花時期、採取時期、大きさおよび収穫後の熟度進行より変動することを報告した（大江ら，2006b，2007a，2008）。また、一般的に果実のポリフェノール含量は土壌条件（久保田・工藤，1992）、温度（苫名ら，1979；山田ら，1988）、台木（久保田ら，1993a）、環状剥皮（久保田ら，1993b）、樹勢（久保田ら，1993c）、植物ホルモンの使用（Kondo and Gemma，1993；Kondo ら，2001；松島ら，1989）および光環境によって大きく左右されることが知られている。多くの果実で紫外光が着色やアントシアニンの生成に重要な役割をすることが示されている。また、 β -カロテンは強光条件下で高まることがハウレンソウ、サラダナで報告されている（小山ら，1999）。そこで筆者らは‘南高’の品種特性である、陽光果実が紅色に着色する特徴に着目して、紅色着色、有機成分および抗酸化能に対する光環境の影響を調査した。

本試験の結果から、広く紅色着色した果実は、紅色着色していない果実に比べて、果肉（果皮を含む）のクエン酸、ソルビトールおよびポリフェノール含量が多く、抗酸化能が大きいことが示された。収穫前3週間程度果実への紫外線を遮断すると、紅色発現、ポリフェノール含量、抗酸化能が有意に低下することが認められた。このことについて、果実の遮光処理により、リンゴ果実中のアントシアニン濃度が低下すること（Awad ら，2000；齋藤，1995）、レモンおよびリンゴ果皮の抗酸化能が低下すること（Kondo ら，2003）が報告されている。また、強光がマンゴー果実の紅色発現を増加させること（佐々木・宇都宮，2002）、光がナスのアントシアニン生成に不可欠であること（松添ら，1999）が報告されている。さらに、紫外光が果実のアントシアニン生成に重要な役割をしていることがリンゴ（Arakawa，1988；荒川，2000；久保ら，1988）、オウトウ（Arakawa，1993；Kataoka ら，1996）、モモ（Kataoka and Beppu，2004）、ブドウ（Kataoka ら，2003；久保田・土屋，2001）で報告されている。UV-B 照射が収穫後果実のポリフェノール含量を高めることや（Lancaster ら，2000）、収穫後のイチゴ果実への UV-C の照射がポリフェノール含量や抗酸化活性を高めること（Erkan，2008）も報告されている。本試験のウメでの結果についても、これら報告と同様に、紫外光が果実表面の紅色発現、ポリフェノール含量および抗酸化能に大きく関与することが示された。筆者らは本試験において、有害な紫外光から組織を保護する能力をもつことが知られているヒドロキシ桂皮酸類の含量を調査していないが、ヒドロキシ桂皮酸類は直射光によって高まることが、ビルベリーの葉（Jaakola ら，2004）、サツマイモの葉（Islam ら，2003）、リンゴ（Rudell and Mattheis，2002）で報告されている。尾崎ら（2009）はウメ‘南高’果実の主なポリフェノール成分はヒドロキシ桂皮酸類とその誘導体であることを報告していることから、これらの報告のように紫外光によってヒドロキシ桂皮酸類の含量が高まっていると推測される。果皮の着色は高温によっても抑制されるが（苫名ら，1979；Yamane and Shibayama，2006）、筆者らは UV カットフィルムで覆った果実とビニール袋（UV 透過）で覆った果実で、果実表面温度に違い

がなく、後者は紅色着色したことから、紅色着色の減少は温度上昇によるとは考えられない。

本試験で、発育初期から日光が当たった紅色着色果実はクエン酸および総有機酸含量が無着色果実に比べて多いが、大きさ、果形指数、硬度、果皮色 b^* 値といった熟度指標やリンゴ酸含量に差がみられなかった。ウメ果実は成熟とともに、クエン酸含量が増加傾向を示し、リンゴ酸含量が減少傾向を示し（垣内ら，1985；大江ら，2006b），同じ収穫時期では大きい果実ほどより多くのクエン酸およびリンゴ酸を含有する（大江ら，2006b）。よって、発育初期から日光が当たった紅色着色果実は、クエン酸および総有機酸含量が豊富であるかもしれない。この要因について、果実自体に光合成能力があることは知られており（松井，1989），果実に日光が当たることで炭水化物含量が増加したためと考えられる。しかし、果実周辺の枝葉剪除処理によって収穫前 3~4 週間のみ日光を当てた紅色着色果実は、クエン酸および総有機酸含量の増加がみられない。よって、クエン酸含量の増加には、収穫前に 4 週間より長期の日光が必要と考えられる。一方、UV カットフィルムを被覆した果実は、2005 年のクエン酸および β -カロテン含量が被覆しないものよりも多かった。この理由については、クエン酸および β -カロテン含量は成熟とともに増加し、ウメは高温ほど果実が早く成熟することから（Suzuki ら，1995），UV カットフィルムの被覆による温度上昇が、熟度進行を早めたことによると推測される。

次に、他の果樹で着色を促進するために技術導入されている方法がウメの着色に有効かどうかを調べた。果実を着色させるために人為的に光を当てる栽培管理は広く行われており、その方法として、反射マルチを敷設する方法がミカン、カキ、モモ、オウトウ、イチジク等で、摘葉処理がリンゴ（大場ら，1996），オウトウ、カキ等で広く用いられている。リンゴでは、反射マルチ敷設により主要なフラボノイドが増加することが報告されている（Jakopič，2010）。本試験において、果実への光を遮る葉を枝ごと剪除して直接日光を当てたところ、紅色着色程度、ポリフェノール含量および抗酸化能が高まることが認められた。一方で、樹冠外周下への反射マルチ敷設により 40 日間反射光を当てても、‘南高’果実の紅色着色に有効ではなかった。よって、‘南高’果実の紅色着色程度の増大には、反射マルチにより得られる日光および紫外線量（直射光の 21%以下）では不十分であると判断される。

以上のことから、鮮明に広く紅色着色した果実はポリフェノール含量が多く、抗酸化能が大きいことが明らかとなり、ウメ‘南高’果実の紅色着色やポリフェノール含量の増加には紫外光が重要な働きをすることが明らかとなった。今後は、紫外光により増加するポリフェノール成分の特定が必要である。

第2節 着果位置の違いがウメ‘南高’果実の成熟および機能性成分含量に及ぼす影響

緒言

筆者らはウメ果実を機能性成分量の多い状態で収穫すれば、その価値を高めることにつながると考え、これまでの研究の中で、収穫時期や果実の大きさが果実および梅酒加工品の機能性成分含量に大きく影響することを明らかにした（大江ら，2006b）。一方，同一樹の同日に採取した果実でも，樹冠の外層と内層とでは大きさや色などの外観が大きく異なる。そのため，産地では果実表面の毛じの抜け具合や色つやを目視で評価し，樹冠内層の果実の収穫開始時期を樹冠外層の果実よりも7日程度遅らせている（谷口，1998）。また，樹冠外層の果実が樹冠内層の果実と比べて早く完熟落果することからも，樹冠外層の果実のほうが成熟は早いと推察され，樹冠の内外で収穫時期をずらすことは適当であると考えられる。しかし，収穫時期を遅らせることが樹冠内層の果実の品質にどのように影響するかについて詳細に調べた報告はみあたらない。

そこで，本節では着果位置の違いがウメ果実の成熟時期や機能性成分含量および抗酸化能に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

2007～2010年に，和歌山県うめ研究所に植栽のウメ‘南高’成木3樹を用い，高さ50～150 cmに着生した果実について，樹冠中央より外側（樹冠外層）と内側（樹冠内層）に区分して，以下に示す指標に従って採取時期を設定した。果実表面の毛じの抜け具合が約30%に達することが収穫開始期の1つの指標とされ，毛じの抜け具合（%）を5%単位で調査して，5つの採取時期を以下のように設定した。樹冠外層の果実の毛じの抜け具合が約20%となった青果収穫開始の直前をⅠ期，樹冠外層の果実の青果収穫開始期をⅡ期，樹冠内層の果実の青果収穫開始期をⅣ期，樹冠外層の果実がやや黄色みを帯び始める青果収穫終期（果皮色 b^* 値が38以上に達した時期）をⅤ期とした。なお，2008年を除き，Ⅱ期とⅣ期の間にⅢ期を設けた。各採取時期に，両着果位置の直射日光の当たらない果実を各樹10果採取した。採取した果実は，毛じの抜け具合，果皮色（ L^* ， b^* 値），果実重およびレオメータによる果実硬度を本章第1節と同様に調査した。各樹とも10果からほぼ均等に合計10 gとなるように果皮を含む果肉を集め， -28°C のフリーザー中に保存した。その後，果肉の有機酸および β -カロテン含量はHPLCで，ポリフェノール含量はFolin-Ciocalteu法で，抗酸化能（フリーラジカル消去能）はDPPHを用いた比色法で本章第1節と同様に測定した。果肉のソルビトール含量はShim-pack SCR-101Cカラム（ 300×7.9 mm，島津製作所）を用いて，カラム温度 80°C で分析した。移動相は水，反応液は20 mM タウロシアミンおよび1 mM 過ヨウ素酸ナトリウムを含む100 mM 四ほう酸ナトリウム水溶液（pH10.5）で流速 $1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ とし，分光蛍光検出器（RF-10A，島津製作所）を用いて励起波長320 nm，測定波長450 nmで測定した。スクロースとグルコースは，Shodex

SUGAR-KS801 カラム (300 × 8.0 mm, 昭和電工) を用いて, カラム温度 60°C で分析した. 移動相は水で流速 1 mL・min⁻¹ とし, 示唆屈折検出器で測定した.

また, 2010 年には, I 期の前日にあたり, 晴天であった 6 月 3 日に, 樹冠の外層と内層のそれぞれ 10 果の受光量と表面温度を, 以下のように測定した. 果実の受光量は, 光量子計 (LI-250A, LI-COR) を太陽方向に向けて光量子束密度を測定した. 果実の表面温度は, 放射温度計 (IT340, 堀場製作所) を用いて果実の太陽光照射面の温度 (果実表面温度) を測定した. なお, これらの測定は, 朝 (9~10 時), 昼 (13~14 時) および夕方 (15~16 時) に行った.

結果

2007~2010 年の 4 年間調査したが, 経時的変化についてはほぼ同様の傾向を示したため, 代表的な年として 2009 または 2010 年のデータのみを示す.

収穫開始指標の 1 つである果実表面の毛じの抜け具合が 30% 程度となる時期を調査したところ, 樹冠内層の果実は樹冠外層の果実よりも 4~10 日 (平均 7 日) 遅れで, 2009 年は 6 日遅れた (第 1 図). 果実重, 果皮色の明るさを表す L* 値および果皮色の黄色みを表す b* 値は, 各年とも採取時期が進むにつれて増加する傾向を示し, 樹冠外層の果実が樹冠内層の果実よりも高い傾向であった. 一方, 果実硬度は採取時期が進むにつれて減少する傾向を示し, 樹冠外層の果実が樹冠内層の果実と比べて常に低かった.

両着果位置の収穫開始期 (樹冠外層は II 期, 樹冠内層は IV 期) の果実間でこれらの形質を比較したところ, 果実重, L* 値, b* 値および果実硬度には年次に一定の傾向は認められず, 両者の間に大きな違いはみられなかった (第 7 表).

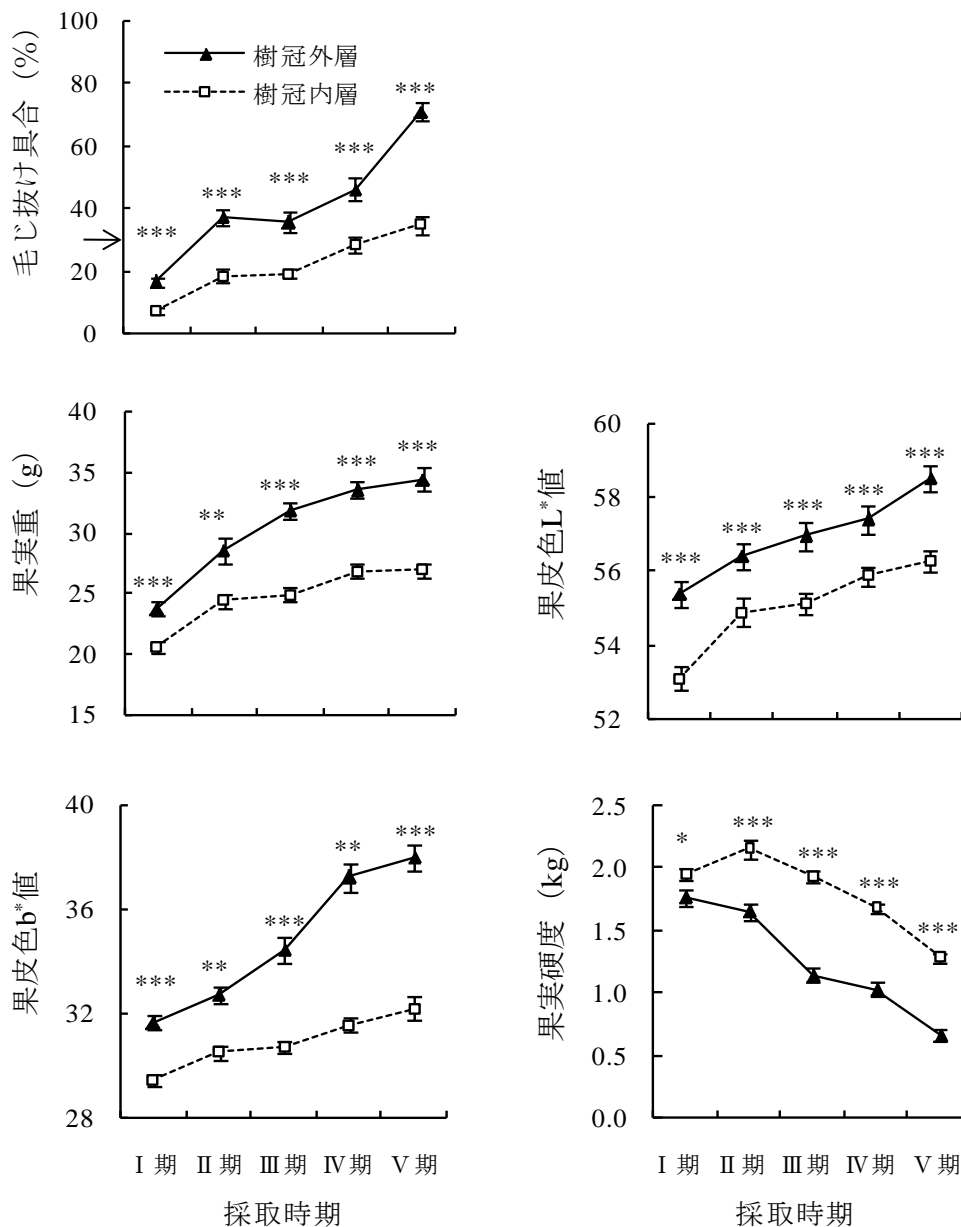
果肉 (果皮を含む) の有機酸および糖含量についてみると, クエン酸含量は各年とも採取時期が進むにつれて増加する傾向を示し, 樹冠外層の果実が樹冠内層の果実よりも常に多かった (第 2 図). 一方, リンゴ酸含量は採取時期が進むにつれて減少する傾向を示したが, 樹冠の外層と内層の果実間に大きな差がなかった. ソルビトールおよびスクロース含量は, 採取時期が進むにつれて増加する傾向を示し, 樹冠外層の果実が樹冠内層の果実よりも多い傾向であったが, グルコースはあまり増減せず, 樹冠の外層と内層の果実間に大きな差がなかった. ソルビトール, スクロースおよびグルコースの総和 (以下全糖含量) は, 採取時期が進むにつれて増加する傾向を示し, 樹冠外層の果実が樹冠内層の果実よりも常に多かった.

両着果位置の収穫開始期の果実間で比較したところ, クエン酸, ソルビトール, スクロースおよびグルコース含量並びに全糖含量は, 樹冠外層の果実と樹冠内層の果実に大きな差がみられなかったが, リンゴ酸含量は 2008 年を除き, 樹冠外層の果実が樹冠内層の果実よりも多かった (第 8 表). β-カロテン含量は, 樹冠外層の果実が IV 期前後から増加する傾向を示したのに対し, 樹冠内層の果実は V 期までほとんど増加しなかった (第 3 図). ポリフェノール含量および抗酸化能は, 各年とも採取時期が進むにつれて減少する傾向で

推移し、樹冠外層の果実と樹冠内層の果実が差がなく推移した。

両着果位置の収穫開始期の果実間で比較したところ、 β -カロテン含量は樹冠外層の果実と樹冠内層の果実に差がみられなかったが、ポリフェノール含量と抗酸化能は、樹冠外層の果実が内層の果実よりも大きい傾向であった（第9表）。

果実の成熟に関する受光量と果実温度については、樹冠外層の果実は樹冠内層の果実と比べて、I期における受光量が1.7~1.8倍であり、果実の表面温度が0.8~1.4°C高かった（第10表）。



第1図 ウメ‘南高’の着果位置別にみた果実形質の変化(2009年)

樹冠外層果実の青果収穫開始直前の時期(I期)から、青果収穫終期(V期)まで果実を採取し、樹冠外層果実の青果収穫開始期をII期、樹冠内層果実の青果収穫開始期をIV期とし、II期とIV期の間に1回果実を採取してIII期として、各時期に果実を採取した

毛じの抜け具合の図の矢印は、青果収穫開始期の基準となる毛じの抜け具合が30%の位置を示す

I, II, III, IVおよびV期はそれぞれ、6月7日、10日、13日、16日および19日

各樹の50~150cmの高さに着生した果実のうち、樹冠中央より外側のを樹冠外層の果実、樹冠中央より内側のを樹冠内層の果実とした

*, **, ***はt検定によって5, 1または0.1%水準で有意差あり

縦棒は標準誤差を示す(n=30)

果実硬度は、定深度測定によるレオメータ値(プランジヤー直径5mm, 侵入1mm)

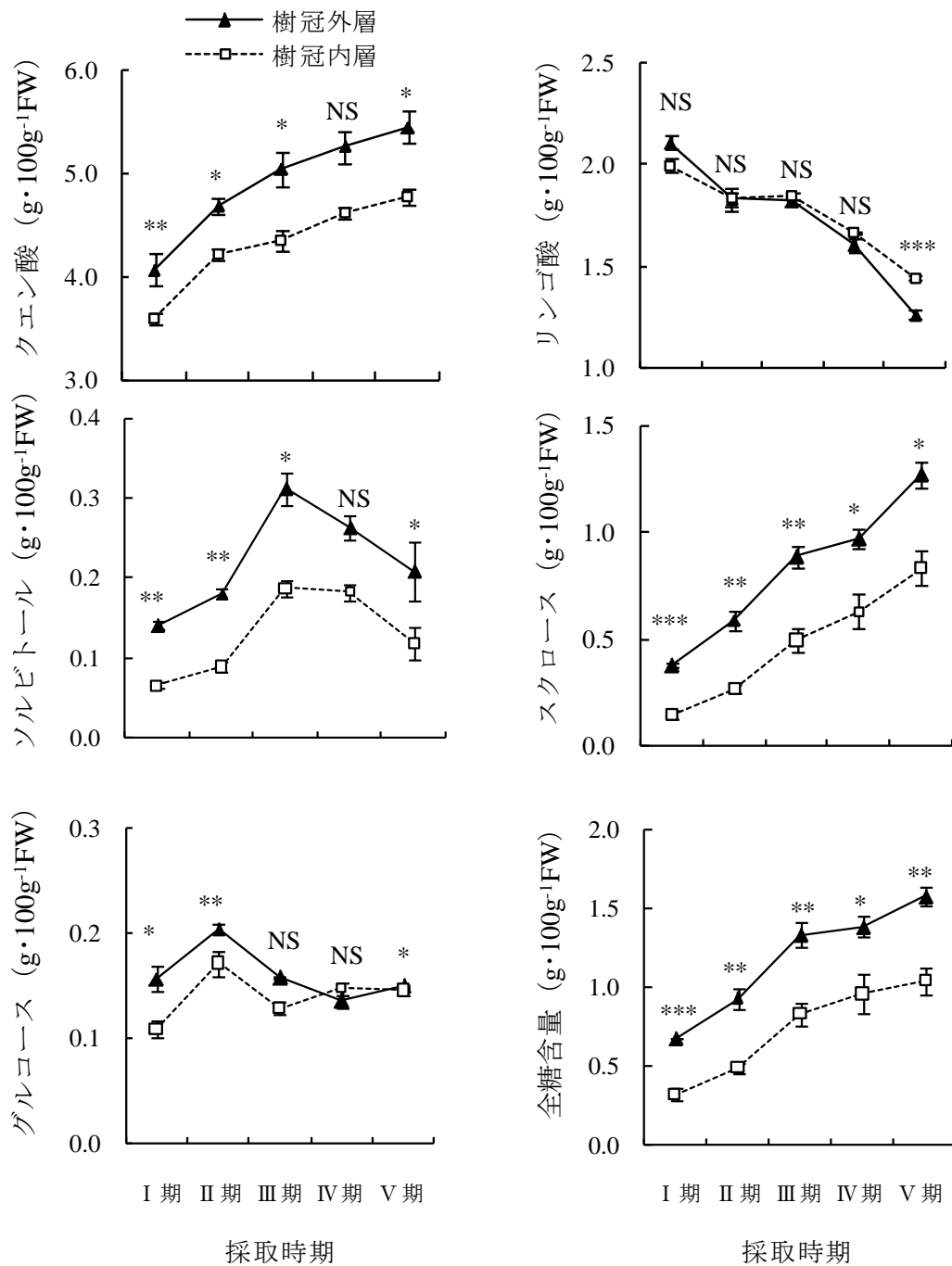
第7表 ウメ‘南高’における着果位置別の青果収穫開始期での果実形質の比較^z

年次	果実重(g)			果皮色L [*] 値			果皮色b [*] 値			果実硬度(kg)		
	外層 ^y	内層	有意性 ^x	外層	内層	有意性	外層	内層	有意性	外層	内層	有意性
2007	36.2	39.7	**	53.2	54.7	**	29.5	30.9	***	2.70	1.83	***
2008	41.5	38.9	**	58.7	57.1	*	31.9	32.1	***	1.95	2.01	NS
2009	28.6	26.8	NS	56.4	55.9	NS	32.8	31.6	**	1.66	1.69	NS
2010	36.6	36.4	NS	58.3	58.7	NS	32.8	32.5	NS	1.84	1.70	NS

^z外層の果実はII期，内層の果実はIV期に採取

^y外層は樹冠外層の果実，内層は樹冠内層の果実を示し，詳細については第1図参照

^x*, **, ***は，*t*検定によって5, 1または0.1%水準で有意差あり，NSは有意差なし



第2図 ウメ‘南高’の着果位置別にみた有機酸および糖含量の変化(2010年)

採取時期, 樹冠外層, 樹冠内層については第1図参照

I, II, III, IVおよびV期はそれぞれ, 6月4日, 10日, 13日, 16日および19日
 *, **, ***はt検定によって5, 1または0.1%水準で有意差あり, NSは有意差なし
 縦棒は標準誤差を示す (n=3)

全糖含量はソルビトール, スクロースおよびグルコースの合計

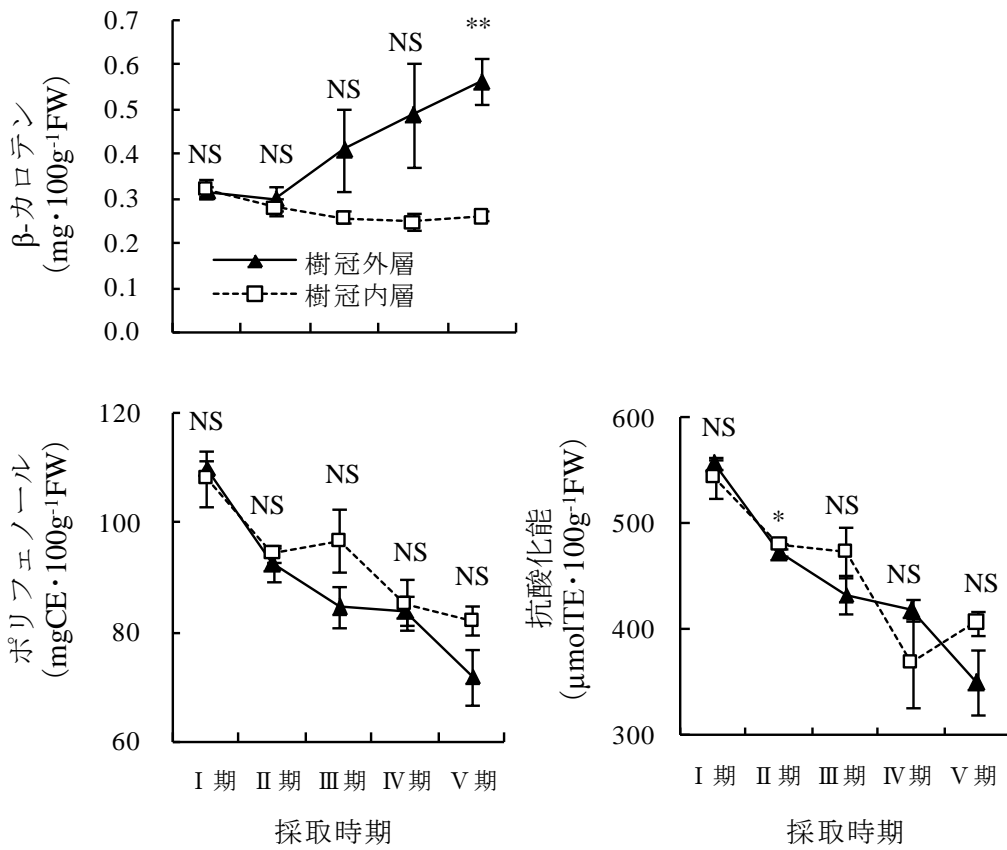
第8表 ウメ‘南高’における着果位置別の青果収穫開始期での有機酸および糖含量の比較^z

年次	クエン酸 (g・100g ⁻¹ FW)				リンゴ酸 (g・100g ⁻¹ FW)				ソルビトール (g・100g ⁻¹ FW)				スクロース (g・100g ⁻¹ FW)				グルコース (g・100g ⁻¹ FW)				全糖含量 (g・100g ⁻¹ FW)				
	外層 ^y		内層		外層		内層		外層		内層		外層		内層		外層		内層		外層		内層		
	有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		有意性 ^x		
2007	3.22	***	1.70	1.48	***	0.11	0.13	***	0.31	0.71	NS	0.11	0.09	NS	0.54	0.94	***								
2008	4.14	NS	1.98	1.87	NS	0.08	0.11	NS	0.58	0.76	NS	0.05	0.11	NS	0.71	0.98	NS								
2009	4.57	*	2.33	1.73	***	0.24	0.09	*	0.80	0.49	***	0.07	0.06	*	1.11	0.64	*								
2010	4.69	NS	1.83	1.67	*	0.18	0.18	NS	0.59	0.63	*	0.16	0.15	NS	0.93	0.96	NS								

^z 外層の果実はII期、内層の果実はIV期に採取

^y 外層は樹冠外層の果実、内層は樹冠内層の果実を示し、詳細については第1図参照

^x *, **, ***は、t検定によって5, 1または0.1%水準で有意差あり、NSは有意差なし



第3図 ウメ‘南高’の着果位置別にみたβ-カロテンとポリフェノール含量および抗酸化能の変化(2009年)

採取時期, 樹冠外層, 樹冠内層については第1図参照

*, **は, *t*検定によって5または1%水準で有意差あり, NSは有意差なし

縦棒は標準誤差を示す (n=3)

CEはクロロゲン酸相当量, TEはα-トコフェロール相当量を示す

第9表 ウメ‘南高’における着果位置別の青果収穫開始期での機能性成分および
抗酸化能の比較^z

年次	β-カロテン				ポリフェノール				抗酸化能			
	(mg・100g ⁻¹ FW)		有意性 ^x		(mgCE・100g ⁻¹ FW) ^w		有意性		(μmolTE・100g ⁻¹ FW) ^w		有意性	
	外層 ^y	内層	外層	内層	外層	内層	外層	内層	外層	内層	外層	内層
2007	0.23	0.20	NS	NS	122	88	***	***	578	403	***	***
2008	0.18	0.15	NS	NS	82	74	NS	NS	382	351	NS	NS
2009	0.30	0.25	NS	NS	93	85	NS	NS	474	370	NS	NS
2010	0.13	0.12	NS	NS	99	73	*	*	433	324	*	*

^z外層の果実はII期，内層の果実はIV期に採取

^y外層は樹冠外層の果実，内層は樹冠内層の果実を示し，詳細については第1図参照

^x*, ***, ^t検定によって5または0.1%水準で有意差あり，NSは有意差なし

^wCEはクロロゲン酸相当量，TEはα-トコフェロール相当量を示す

第 10 表 ウメ ‘南高’ 供試樹における着果位置別の果皮の受光量および表面温度の違い^z

着果位置 ^y	光量子束密度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) ^w			果実表面温度 ($^{\circ}\text{C}$)		
	朝 ^x	昼	夕方	朝	昼	夕方
外層	43	55	40	26.8	27.5	27.2
内層	24	33	24	26.0	26.7	25.8
有意性 ^v	*	*	***	*	*	***

^z2010年6月3日（晴天日）に測定

^y光量子束密度は、太陽の位置する方向にセンサーを向けて測定

果実表面温度は、太陽光照射面の温度を測定（n = 30）

^x朝は9:00～10:00，昼は13:00～14:00，夕方は15:00～16:00

^w外層は樹冠外層の果実，内層は樹冠内層の果実を示し，詳細については第1図参照

^v*, ***, は, *t*検定によって5または0.1%水準で着果位置間に有意差あり

考察

一般的な果樹では、糖度や酸度など食味上重視されている項目、着色程度、硬さなどに基づいて収穫されているが（今西・真子，2010），ウメは生果を食しないことから、青果として流通している果実の収穫基準は、毛じの抜け具合、果皮の色つやなどの外観を目視で判断して樹冠外層の果実を収穫した後、約1週間ずらして樹冠内層の果実を収穫し始める。しかし、ウメ果実の着果位置と成熟時期および果実品質との関係についての詳細な報告はみあたらないことから、本試験ではこれらの関係を明らかにしようとした。

調査した4年間ともに、毛じの抜け具合により樹冠の外層の果実が収穫開始期となった時期においても、樹冠の内層の果実は毛じの抜け具合が30%に達せず、果実重が小さく、果皮色も劣っていた。内層の果実の毛じの抜け具合が30%に達したのは、外層の果実が30%に達した約7日後であった。また、樹冠外層の果実と樹冠内層の果実について、毛じの離脱とは別の収穫基準である色つやおよび他の生果品質を青果収穫開始期で比較したところ、果皮色 L^* 値で表される明るさ、 b^* 値で表される黄色み、果実重および果実硬度は同程度であり、収穫時期を遅らせることで樹冠内層の果実品質を樹冠外層の果実と同程度にまで高められると判断された。これらのことは、内層の果実を1週間程度遅らせてIV～V期に一斉収穫している慣行の収穫法が適当であることを示し、一般に認識されているように、樹冠内層の果実は外層の果実に比べて成熟時期が遅いことも示された。ウメ果実の発育は、果実温度が高いほど早まるとされていることから（Suzukiら，1995），着果位置別に果実の表面温度を晴天日に調査したところ、収穫開始直前の樹冠外層の受光量は、内層の1.7～1.8倍であり、それに伴って、果実の表面温度が1日を通して $0.8\sim 1.4^{\circ}\text{C}$ 高いというように、樹冠の内層と外層の間で果実温の異なることが示された。このような継続的な果実温度の上昇が、果実の肥大や成熟時期の違いに影響しているのかもしれない。

ウメ果実の機能性成分に関しては、成熟が進むにつれて果肉のクエン酸含量が増加し、リンゴ酸含量が減少すること（稲葉・中村，1981；垣内ら，1985；大江ら，2006b），糖含量も増加する傾向で推移すること（稲葉・中村，1981）が知られており、本試験においても同様の变化を示した。樹冠外層の果実と樹冠内層の果実をそれぞれの青果収穫開始期で比較すると、クエン酸と各種の糖含量は同程度であり、収穫時期を遅らせることで樹冠内層の果実の含量を外層果実と同程度に高めることができると判断された。他の果樹では、カキにおいて日照条件の良い位置に着果した果実ほど果実重と糖度が優れるとの報告（鷹野ら，1991）や、リンゴ、モモ、温州ミカン、福原オレンジにおいて樹冠外層の果実は内層の果実と比べて糖や可溶性固形物含量が多いとの報告があるが（泉ら，1990；菊池ら，2000；Lewallen and Marini，2003；Marini，1985；内田ら，1985），ウメ‘南高’については、これらの報告と異なった。リンゴ酸含量は、成熟に伴い着果位置に関係なく同様に減少したことから、青果収穫開始期での比較では、遅く収穫される樹冠内層の果実は樹冠外層の果実よりも低い値となった。

果実の機能性成分量と加工品の含量との関係について、これまでに筆者らは果肉の有機

酸やソルビトール含量の多少は梅酒の含量に反映されることを明らかにしている(大江ら, 2006b) . また, 梅肉エキス中に含まれて血流改善効果を示すムメフラールは, 果汁を加熱する際にクエン酸と糖から合成される (Chuda ら, 1999 ; 箭田ら, 2003) ことから, 樹冠内層の果実の収穫時期を遅らせることは, 加工品のクエン酸, ソルビトール, ムメフラール含量を高めることにつながると考えられる.

果肉のポリフェノール含量と抗酸化能は, 成熟に伴って減少するとされており (石川ら, 1999 ; 大江ら, 2006b) , これらは密接に関係していることが示されている (石川ら, 1999) . 本研究でも着果位置に関係なく同様に減少したことから, 青果収穫開始期での比較では, 遅く収穫される樹冠内層の果実は樹冠外層の果実よりもポリフェノール含量や抗酸化能が低い値となった. 他の品目では, リンゴにおいて外層の果実は内層の果実に比べてケルセチン 3-グリコシドおよび総フラボノイドが多いとの報告 (Awad ら, 2001) や, イチゴにおいて 30°C 以下では気温が高いほどポリフェノール含量や抗酸化能が高いとの報告があり (Wang and Zheng, 2001) , ウメ ‘南高’ においても, 光や温度がポリフェノール含量や抗酸化能を高めるのかもしれない. 従って, 樹冠内層の果実の温度や光環境を改善して果実肥大や内容物の蓄積を早めて, 外層の果実と変わらない時期に収穫を可能とすることが品質を高めるためには重要であると判断され, このためには適切なせん定や春季の摘心処理 (竹中ら, 2011) により樹冠の内部にまで日光を入れることが必要かもしれない.

着果位置の違いによる果肉のポリフェノール含量や抗酸化能の違いは, 果肉のみを用いる梅肉エキスなどの加工品の品質に影響すると考えられるが, ウメ果実のポリフェノールは種子に多く存在する (赤木ら, 2002 ; 三谷・矢野, 2006) ことから, 種子を含む加工品でも悪影響があるのかについて, 調査する必要がある.

以上のように, 着果位置によってウメ果実の成熟時期が異なることが示された. 樹冠内層の果実は, 遅らせて収穫すると果実重や多くの果実品質は改善されるものの, ポリフェノール含量や抗酸化能は, 収穫時期の遅延によって低下することが明らかとなった.

第3節 ウメ ‘南高’ 果実の着果位置の違いが梅酒加工品の機能性成分に及ぼす影響

緒言

これまでの研究の中で, 収穫時期や果実の大きさが果実および梅酒加工品の機能性成分含量に大きく影響することを明らかにした (大江ら, 2006b, 2007a) . ところが, 同一樹の同日に採取した果実でも, 樹冠の外層と内層とでは大きさや色などの外観が大きく異なることから, 第2章2節では, この着果位置の違いとウメ果実の成熟や機能性成分との関係を調査し, 内層の果実は成熟や多くの機能性成分の蓄積が遅く, 慣行のとおり収穫開始を遅らせることで樹冠内層の果実の含量を外層果実と同程度に高めることができることを明らかにした. しかし, このような収穫方法が加工品品質に及ぼす影響は明らかでない.

そこで、本試験では着果位置の違いが梅酒の機能性成分および抗酸化能に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

本章第2節で着果位置別に果実の機能性成分を調査したウメ‘南高’成木3樹を用い、本章第2節と同様に樹冠外層と樹冠内層を区分して、I～V期を設定した。各収穫時期に両着果位置の直射日光の当たらない果実を採取し、そのうちの平均的な大きさの果実を250～400 g程度選び、果実1 kg当たり氷砂糖0.8 kg、35%果実酒用アルコール（ホワイトリカー）1.8 Lの割合で漬け込み、冷暗所に6か月間保存して梅酒に加工した。

漬け込み終了後、原料果実1 kg当たりの梅酒作出量を測定するとともに、0.45 μmのフィルターでろ過し、梅酒の褐色度（450 nm吸光度）、機能性成分含量および抗酸化能（フリーラジカル消去能）を測定した。本章第1節と同様に、有機酸およびソルビトール含量はHPLCで、ポリフェノール含量はFolin-Ciocalteu法で、抗酸化能はDPPHを用いた比色法で測定した。

結果

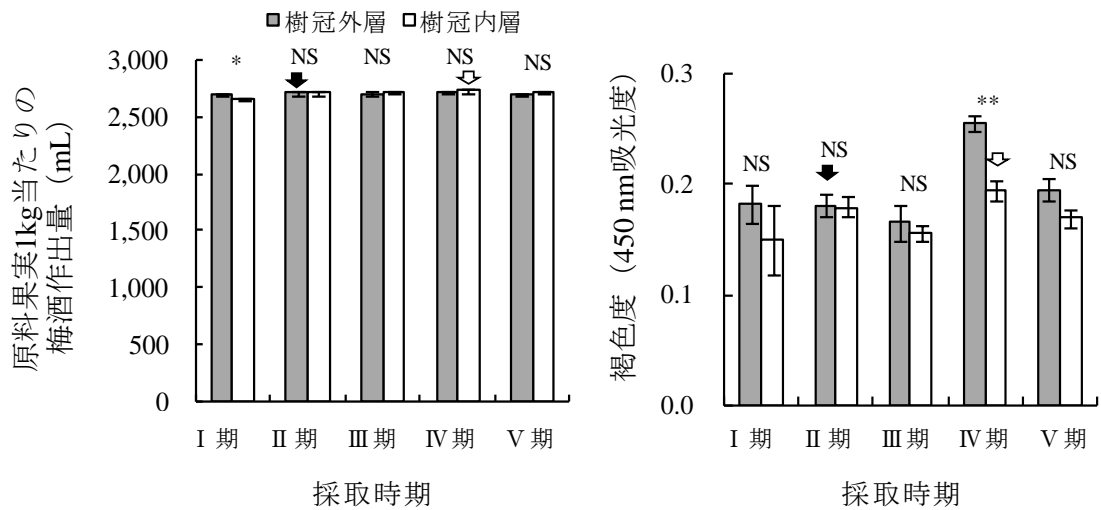
2007～2010年の4年間調査したが、樹冠外層と内層の果実で調製した梅酒間の収穫時期ごとの比較に関して、各年とも同様の傾向を示した項目については代表的な年として2009または2010年のデータのみを示す。

果実1 kg当たりの梅酒作出量および褐色度は、各年とも樹冠外層と内層の果実の梅酒間に大きな差がなかった（第4図）。両着果位置の収穫開始期（樹冠外層はII期、樹冠内層はIV期）の果実を原料とした梅酒間で比較したところ、梅酒作出量および褐色度は樹冠外層と内層の果実の梅酒間に大きな差がなかった（第11表）。

有機酸およびソルビトール含量については、リンゴ酸含量が年により樹冠外層と内層の果実の梅酒間の差に違いがみられたため、収穫時期ごとの比較に関しては2009および2010年のデータを示す。クエン酸含量は各年とも原料果実の収穫時期が遅いものほど多い傾向を示し、樹冠外層の果実の梅酒が内層のものよりも多かった（第5図）。リンゴ酸含量は原料果実の収穫時期が遅いものほど少ない傾向を示し、2009年は樹冠外層の果実の梅酒が、2010年は樹冠内層の果実の梅酒が多い傾向であり、一定の傾向がなかった。ソルビトール含量は樹冠外層の果実の梅酒が内層のものよりも多かった。両着果位置の収穫開始期の果実を原料とした梅酒間で比較したところ、クエン酸およびソルビトール含量は樹冠外層と内層の果実の梅酒間に大きな差がなかったが、リンゴ酸含量は樹冠外層の果実の梅酒が内層のものよりも多い傾向であった（第12表）。

ポリフェノール含量および抗酸化能は、樹冠内層の果実の梅酒では、IV期以後まで熟度が進んだ原料果実で調製したものの多い傾向を示し、樹冠外層と内層の果実の梅酒間に大きな差がなかった（第6図）。両着果位置の収穫開始期の果実を原料とした梅酒間で比

較したところ、ポリフェノール含量および抗酸化能は、樹冠内層の果実の梅酒が外層のものよりも大きい傾向であった（第 13 表）。



第4図 着果位置と採取時期の異なるウメ‘南高’果実で調製した梅酒の作出量（左）および褐色度（右）の相違（2009年）

果実の採取時期は第1図と同じで、各時期に採取した果実を梅酒に加工した
 I, II, III, IVおよびV期はそれぞれ、6月7日、10日、13日、16日および19日で、図の↓は樹冠外層の果実の青果収穫開始期、⇩は樹冠内層の果実の青果収穫開始期を示す
 各樹の50~150 cmの高さに着生した果実のうち、主幹と樹冠外周との中間より外側のもので調製した梅酒を樹冠外層の梅酒、内側のもので調製した梅酒を樹冠内層の梅酒とした
 *, **はt検定によって5または1%水準で有意差あり、NSは有意差なし
 縦棒は標準誤差を示す (n=3)

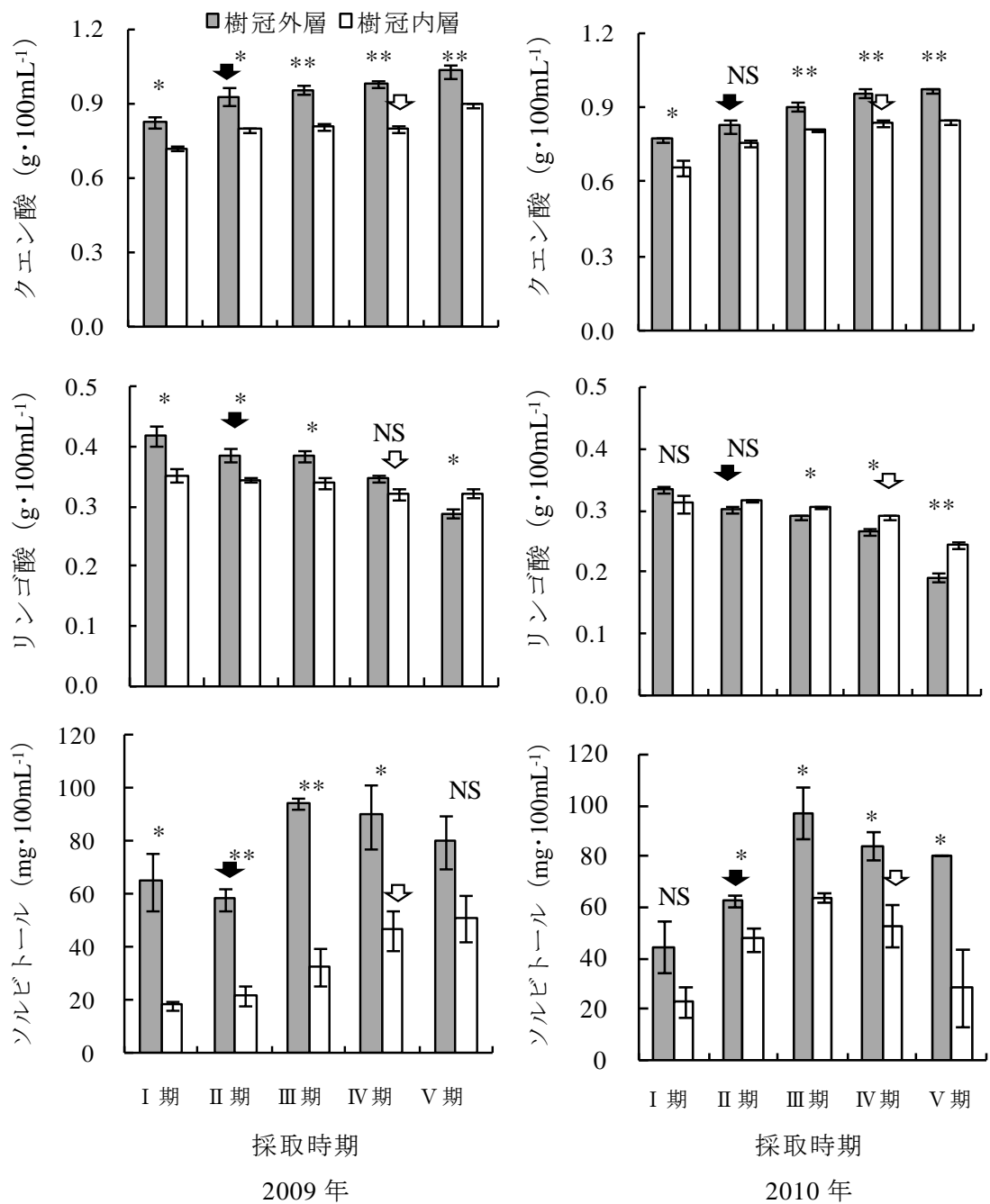
第 11 表 ウメ‘南高’樹冠外層および内層における青果収穫開始期の
果実で調製した梅酒の作出量および褐色度^z

年次	原料果実1 kg当たりの 梅酒作出量(mL)			褐色度 (450 nm吸光度)		
	外層 ^y	内層	有意性 ^x	外層	内層	有意性
2007	2,622	2,706	*	0.06	0.12	*
2008	2,630	2,616	NS	0.10	0.11	NS
2009	2,711	2,732	NS	0.18	0.20	NS
2010	2,653	2,751	***	0.14	0.17	NS

^z樹冠外層の果実はⅡ期，樹冠内層の果実はⅣ期に採取

^y外層は樹冠外層の果実，内層は樹冠内層の果実を示し，詳細については第4図参照

^x*, ***, ***は t 検定によって5または0.1%水準で有意差あり，NSは有意差なし



第5図 着果位置と採取時期の異なるウメ‘南高’果実で調製した梅酒の有機酸およびソルビトール濃度の相違

樹冠外層，樹冠内層，図中矢印および2009年の収穫時期については第1および4図参照
 2010年のI，II，III，IVおよびV期はそれぞれ，6月4日，10日，13日，16日および19日
 *，**は*t*検定によって5または1%水準で有意差あり，NSは有意差なし
 縦棒は標準誤差を示す (n=3)

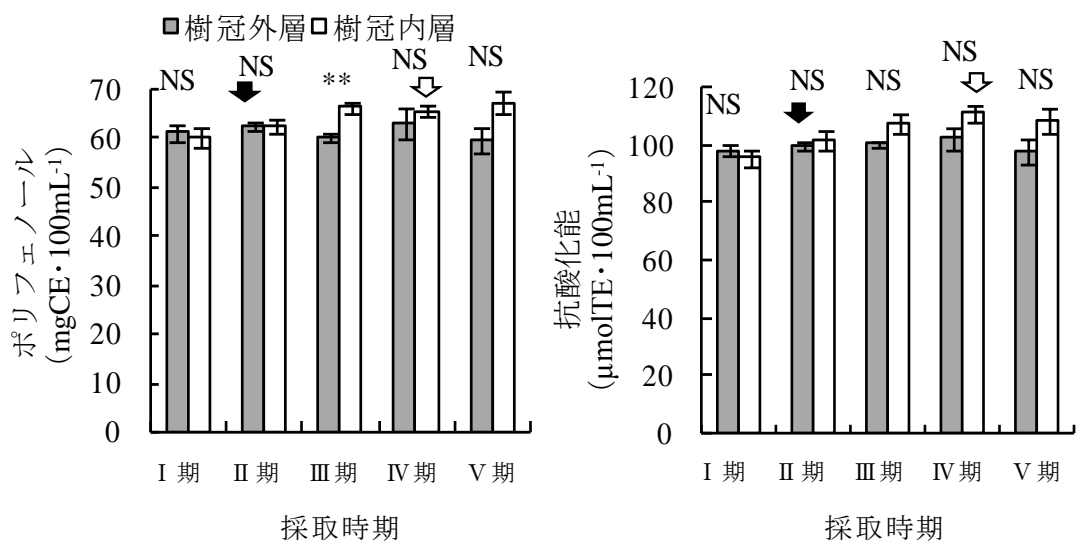
第 12 表 ウメ‘南高’樹冠外層および内層における青果収穫開始期の
果実で調製した梅酒の有機酸およびソルビトール濃度^z

年次	クエン酸 (g・100 mL ⁻¹)			リンゴ酸 (g・100 mL ⁻¹)			ソルビトール (mg・100 mL ⁻¹)		
	外層 ^y	内層	有意性 ^x	外層	内層	有意性	外層	内層	有意性
2007	0.80	0.90	**	0.45	0.39	***	32	23	NS
2008	0.88	0.85	NS	0.38	0.38	NS	35	45	NS
2009	0.93	0.80	*	0.39	0.32	*	58	46	NS
2010	0.83	0.84	NS	0.30	0.29	NS	63	53	NS

^z 樹冠外層の果実はII期，樹冠内層の果実はIV期に採取

^y 外層は樹冠外層の果実，内層は樹冠内層の果実を示し，詳細については第4図参照

^x *, **, ***はt検定によって5, 1または0.1%水準で有意差あり，NSは有意差なし



第 6 図 着果位置と採取時期の異なるウメ‘南高’果実で調製した梅酒のポリフェノール濃度および抗酸化能（右）の相違（2009年）

収穫時期，樹冠外層，樹冠内層および図中矢印については第 1 および 4 図参照
 **は *t* 検定によって 1%水準で有意差あり，NS は有意差なし
 縦棒は標準誤差を示す (n = 3)
 CE はクロロゲン酸相当量，TE は α -トコフェロール相当量を示す

第 13 表 ウメ‘南高’樹冠外層および内層における青果収穫開始期の
果実で調製した梅酒のポリフェノール濃度および抗酸化能^z

年次	ポリフェノール (mg CE・100 mL ⁻¹) ^y			抗酸化能 (μ mol TE・100 mL ⁻¹) ^y		
	外層 ^x	内層	有意性 ^w	外層	内層	有意性
2007	48	53	**	105	125	*
2008	56	62	NS	123	134	NS
2009	63	66	*	100	111	NS
2010	48	54	**	78	95	**

^z樹冠外層の果実はⅡ期，樹冠内層の果実はⅣ期に採取

^yCEはクロロゲン酸相当量，TEは α -トコフェロール相当量を示す

^x外層は樹冠外層の果実，内層は樹冠内層の果実を示し，詳細については第4図参照

^w*, **は t 検定によって5または1%水準で有意差あり，NSは有意差なし

考察

一般的な果樹では、糖度や酸度など食味上重視されている項目、着色程度、硬さなどに基づいて収穫されているが（今西・真子，2010），ウメは生果を食しないことから、青果として流通している果実の収穫基準は、毛じの抜け具合、果皮の色つやなどの外観を目視で判断して樹冠外層の果実を収穫した後、約1週間ずらして樹冠内層の果実を収穫し始める（谷口，1998）。しかし、ウメ果実の着果位置と成熟時期および果実品質との関係についての詳細な報告はみあたらないことから、本章第2節では着果位置の違いがウメ果実の成熟、果肉の機能性成分および抗酸化能に及ぼす影響を調査した。その結果、樹冠内層の果実は外層の果実と比べて7日程度成熟が遅れ、慣行どおり収穫時期を遅らせることは、多くの果実品質を樹冠外層の果実と同程度にまで高めることにつながると述べた。一方で、ポリフェノール含量や抗酸化能は、着果位置に関係なく同様に減少することから、青果収穫開始期での比較では、遅く収穫される樹冠内層の果実が外層の果実よりも低くなることを示した。着果位置の違いによるこれら機能性成分含量や抗酸化能の違いは、果肉のみを用いる梅肉エキスなどの加工品には反映されると考えられるが、種子を含む加工品では、果肉における違いが影響するのか調査する必要があることから、本試験で着果位置の違いと梅酒品質との関係を明らかにしようとした。

本章第2節で筆者らは、果肉のクエン酸およびソルビトール含量が、同日では樹冠外層の果実が内層の果実に比べて多く、青果収穫開始期で比較すると樹冠外層と内層の果実間に大きな差がないこと、リンゴ酸含量が成熟に伴い、着果位置に関係なく同様に減少することから、青果収穫開始期での比較では、遅く収穫される樹冠内層の果実は樹冠外層の果実よりも低い値となることを示した。本試験の梅酒に加工した場合も同様であり、着果位置による果肉での含量の違いが梅酒にも反映されていた。一方、ポリフェノール含量および抗酸化能は、果肉では着果位置に関係なく同様に減少することから、青果収穫開始期での比較では、遅く収穫される樹冠内層の果実は樹冠外層の果実よりも低い値となることを示した。梅酒に加工した場合は、同日での比較では差がなく、樹冠内層の果実を用いた梅酒は、IV期頃まで原料果実の収穫時期が遅いほど多い傾向を示したことから、それぞれの青果収穫開始期で比較すると、樹冠内層の果実を用いた梅酒は外層のものよりも多くなった。ウメ果実内でポリフェノールは核に多く存在し、核では成熟とともに増加すること（三谷・矢野，2006），梅酒のポリフェノールの多くは種子に起因すること（赤木ら，2002；大江ら，2006b）が報告されており、梅酒に溶出されたポリフェノールは、樹冠内層の果実では果肉での減少量以上に核で増加しているものと判断される。

以上のように、果実品質と同様、梅酒の機能性成分の面から、樹冠内層の果実については、遅らせて成熟時期に収穫されるといくつかの機能性成分が改善され、さらに、樹冠内層の果実を用いた梅酒は、ポリフェノール含量や抗酸化能が収穫時期の遅延によって増加することが明らかになった。

第3章 香りに優れた梅酒製造のための栽培・追熟方法

第1節 ウメ‘南高’果実の追熟条件が梅酒の香気成分および苦み成分に及ぼす影響

緒言

‘南高’は、成熟後期にフルーティーな香りを放ち、このような果実を梅酒原料として用いると、モモ様のフルーティーな香りをもつ梅酒に仕上がることが知られている。第1章で述べたように、時友ら（2005）は‘甲州小梅’を用いた梅酒について、 γ -デカラクトン、 δ -デカラクトンが甘い香りに大きく寄与することを報告している。しかし、‘南高’を原料とした梅酒についての報告はほとんどみあたらない。また、収穫後も果実の熟度は進行するが、追熟した果実を用いた梅酒の香気成分についての報告はみあたらない。一方、Kanekoら（1998）はプルナシンが、大竹・田中（1990）はシュウ酸が梅酒の苦みに関与すると報告している。

そこで、本節ではウメ果実の追熟条件の違いが梅酒中の香気成分および苦み成分に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

1. 原料果実の追熟日数と梅酒の食味および香気成分（試験1）

2008年に、和歌山県みなべ町内の3園（収穫期の早い順にA、BおよびC園）に植栽された‘南高’成木（各園1樹）の樹冠外周部果実について、現行の収穫基準である果皮色をもとに青果収穫終了期を判断し、青果収穫終了期の3日程度後の時期（以下黄熟期）に黄熟した果実を採取した。すなわち、A園は6月19日、B園は6月22日、C園は7月1日に、直射日光が当たらない部位の平均的な大きさの果実（それぞれ平均果実重56.3、45.8および43.3g）を採取した。そのうち500gを梅酒に加工するとともに、残りの果実を出荷用段ボール箱に入れて20°C（平均湿度76%）で追熟し、採取日より2日ごと（採取後2、4および6日）に平均的な果皮色の果実500g程度を順次梅酒に加工した。加工方法は、ウメ果実1kgに対して35%果実酒用アルコール（ホワイトリカー）1.8L、上白糖0.5kgの割合で、冷暗所にて6か月間漬け込んだ。漬け込みは反復なしで行い、漬け込み終了後、熟練した評価パネラー5名により味および香りの良さ、完熟香の強さの官能評価を行うとともに、特徴的な香気成分を特定するために、小林ら（2007）の報告を参考に一部の試料を用いてGC-Oによる匂い嗅ぎ分析を行った。匂い嗅ぎ分析用試料は以下のように抽出した。PorapakQ樹脂（50/80mesh）4gをガラスカラム（内径1.5cm×30cm）に精製メタノールで充填し、次にメタノール50mL、脱イオン水100mLで順次洗浄後、香気成分吸着用カラムとした。梅酒サンプル100mLに内部標準として1%シクロヘキサノール100 μ Lを添加し、カラムに流して香気成分を樹脂に吸着させ、脱イオン水30mLでカラム中の水溶性成分を排出洗浄後、ジエチルエーテル50mLで香気成分を回収した。回収液に無水硫

酸ナトリウム 15 g を添加し、3 時間以上放置して水分を除去し、窒素気流下で 1 mL まで濃縮した。分析は HP-1MS カラム（長さ 60 m, 内径 0.25 mm, 膜厚 0.25 μm , J&W Scientific）を装着したガスクロマトグラフ（HP6890, Agilent）により、キャリアーガス He, カラム流量 0.97 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 注入量 1 μL , スプリット比 10 : 1, 気化室温度 240 $^{\circ}\text{C}$, 検出器 FID, 検出器温度 250 $^{\circ}\text{C}$ の条件で測定した。昇温条件は、70 $^{\circ}\text{C}$ で 15 分間保持した後、110 $^{\circ}\text{C}$ まで 10 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ で昇温, 140 $^{\circ}\text{C}$ まで 5 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ で昇温, 325 $^{\circ}\text{C}$ まで 10 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ で昇温させ, 最後に 5 分間保持した。カラムの出口を 2 つに分岐し, 一方は FID 検出器, 他方は匂い嗅ぎ部へ接続し, 熟練した評価パネラー 3 名により特徴的な香気成分を特定した。

続いて, 匂い嗅ぎ分析の結果から特定された, フルーティーな芳香に関与する成分と青っぽい香気に関与する成分を定量した。ただし, 測定する成分を絞り込んだことから, 抽出作業を簡素化するために, 香気成分の分析用試料は以下のように変更して抽出した。分液ロートに梅酒試料 40 mL, 塩化ナトリウム 11 g, 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ シクロヘキサノール（内部標準溶液）0.2 mL, n-ペンタン 10 mL を加え, 振とう機で 10 分間振とうした後, 上層を採取して無水硫酸ナトリウムを用いて脱水し, 0.45 μm のメンブレンフィルターで濾過して分析試料とした。測定は匂い嗅ぎ分析と同条件で, GC/MS（GC-2010, 島津製作所）を用いて, 検出器 GSMS-QP2010, イオン源温度 200 $^{\circ}\text{C}$, インタフェース温度 240 $^{\circ}\text{C}$ で内部標準法により行った。

2. 果実の採取時期, 追熟日数と梅酒の香気成分（試験 2）

2010 年 6 月 13 日（青果収穫盛期）, 16 日（青果収穫終了期）および 19 日（黄熟期）に, 和歌山県うめ研究所内‘南高’成木 3 樹の樹冠外周部より平均的な大きさの果実（それぞれ平均果実重 41.6, 45.8 および 47.6 g）を各樹 2 kg 程度採取した（以下 6/13, 6/16 および 6/19 採取果実）。そのうち 250~350 g を梅酒に加工するとともに, 残りの果実を出荷用段ボール箱に入れて 20 $^{\circ}\text{C}$ （平均湿度 87%）で追熟した。追熟 4~6 日後（6/19 採取果実の 6 日追熟は腐敗が進んだため除く）に, 平均的な果皮色の果実 250~350 g 程度を梅酒に加工した。加工方法は, ウメ果実 1 kg に対して 35%果実酒用アルコール 1.8 L, 氷砂糖 0.8 kg の割合で, 冷暗所にて 6 か月間漬け込んだ。漬け込みは 3 反復で行い, 漬け込み後, 試験 1 で特徴的な香気成分と判断された成分を測定した。

3. 原料果実の追熟温度および追熟日数と梅酒の香気および苦み成分（試験 3）

2009 年 6 月 25 日（黄熟期）に, 和歌山県うめ研究所植栽の‘南高’成木の樹冠外周部より果実を採取し, 平均的な大きさの果実を選果機により選別した（平均果実重 47.0 g）。そのうち 250~350 g を梅酒に加工するとともに, 残りの果実を出荷用段ボール箱に入れて, 10 $^{\circ}\text{C}$ （平均湿度 70%）, 20 $^{\circ}\text{C}$ （平均湿度 72%）, 30 $^{\circ}\text{C}$ （平均湿度 94%）, 35 $^{\circ}\text{C}$ （平均湿度 61%）で追熟し, 追熟 3~6 日後（10 $^{\circ}\text{C}$ の 5 日と 35 $^{\circ}\text{C}$ の 6 日を除く）に平均的な果皮色の果実 250~350 g 程度を梅酒に加工した。加工方法はウメ果実 1 kg に対して 35%果実酒用アルコール 1.8 L, 氷砂糖 0.6 kg の割合で冷暗所にて 6 か月間漬け込んだ。漬け込みは 2~3 反復で行い, 漬け込み後, 試験 1 と同様に香気成分を測定するとともに, 苦みに関与

する成分としてプルナシンおよびシュウ酸含量を調査した。プルナシンは寺田・山本(1992)の方法により、Shim-pack VP-ODS カラム (150 × 4.6 mm, 島津製作所) を用いて、アセトニトリル-水-0.2 M リン酸緩衝液 pH4.0 (16 : 79 : 5) を移動相として、HPLC (カラム温度 : 30°C, 流量 : 1.0 mL・min⁻¹, 検出 : 210 nm 吸光度) で測定した。シュウ酸は Hata ら (2006) の方法により Shim-pack SCR-102H カラム (300 × 8.0 mm, 島津製作所) を用いて、HPLC (カラム温度 : 80°C, 移動相 : 1% リン酸, 流量 : 1.5 mL・min⁻¹, 検出 : 210 nm 吸光度) で測定した。

4. 原料果実の追熟中の湿度の違いと梅酒の香気および苦み成分(試験 4)

2009 年 7 月 6 日 (青果収穫終了期の 8 日程度後の時期) に、和歌山県みなべ町内植栽の‘南高’成木 1 樹の外周部より平均的な大きさの果実を採取した (平均果実重 36.3 g) 。そのうち 250~350 g を梅酒に加工するとともに、残りの果実を出荷用段ボール箱に入れて 35°C の温度条件で、湿度 60% (以下 60% 区) および湿度 90% (以下 90% 区) の条件で保存し、採取後 0, 2, 3 および 4 日に梅酒に加工した。加工方法は、ウメ果実 1 kg に対して 35% 果実酒用アルコール 1.8 L, 氷砂糖 0.6 kg の割合で冷暗所にて 6 か月間漬け込んだ。漬け込みは 2~3 反復で行い、漬け込み後、試験 3 と同様に香気成分と苦み成分を調査した。

結果

1. 原料果実の追熟日数と梅酒の食味および香気成分(試験 1)

食味評価について、A および B 園では追熟日数 4 日で味、香りの評点が高く、完熟香が強かった (第 14 表) 。C 園では追熟日数 4 日で味の評点が高く、完熟香が強く、追熟日数 6 日で香りの評点が高かった。香気成分について、匂い嗅ぎ分析により、梅酒のフルーティーな芳香に関与する成分の一部が、 γ -デカラクトン (モモ様) , δ -デカラクトン (モモ様) , 酪酸エチル (パイナップル様) , 酢酸ブチル (リンゴ様) , 未熟な果実を原料とした梅酒の青っぽい香気に関与する成分の一つが安息香酸エチル (芝様) であると判断された。これらのうち芳香成分は原料果実を追熟することにより増加し、A および B 園では追熟日数 4 日でほぼ最大となり、C 園では追熟日数 6 日でほぼ最大となった。一方、青っぽい香気成分の安息香酸エチルは、すべての園において追熟日数 6 日で最大となった。

2. 果実の採取時期、追熟日数と梅酒の香気成分(試験 2)

原料果実の採取時期が遅いほど梅酒の芳香成分が多く、安息香酸エチルが少ない値を示した (第 15 表) 。各芳香成分とも、6/13 採取果実および 6/19 採取果実では追熟日数 4 日で、6/16 採取果実では追熟日数 5 日でほぼ最大となり、同じ追熟日数で比較すると、 δ -デカラクトンを除き、6/19 採取果実で多い傾向であった。安息香酸エチルは、6/13 採取果実では追熟日数 5 日で追熟日数 0 日よりも少なく、6/16 採取果実および 6/19 採取果実では追熟日数 0 日と差がなく推移した。

3. 原料果実の追熟温度および追熟日数と梅酒の香気および苦み成分(試験 3)

γ -デカラクトンおよび酢酸ブチル量は、追熟日数 3~4 日では追熟温度 20 および 30°C が

他の温度に比べて多く、追熟日数 5~6 日では追熟温度 20°C が他の温度に比べて多かった（第 7 図）。 δ -デカラクトンおよび酪酸エチル量は、追熟温度 20°C が他の温度に比べて多い傾向であった。また、追熟温度 20°C では、 γ -デカラクトン量は追熟 4~6 日、 δ -デカラクトン量は追熟 3~4 日、酪酸エチル量は追熟 3 日、酢酸ブチル量は追熟 5 日で最大となった。青っぽい香りの安息香酸エチルは、追熟日数 5 日では追熟温度 35°C が他の温度に比べて多かった。追熟温度 10 および 20°C では、追熟日数 6 日まで追熟日数 0 日と同程度で推移し、30 および 35°C では追熟日数 4 日から増加して追熟日数 0 日を上回る傾向であった。プルナシン含量は、追熟日数 6 日では追熟温度 10°C が 30°C に比べて多かった（第 8 図）。追熟温度 10°C では、追熟日数 0 日に比べて追熟日数 6 日まで同程度かそれ以上で推移したのに対し、20°C では追熟日数 4 日から、30°C では追熟日数 3 日から追熟日数 0 日を下回った。35°C では、追熟日数 3 および 4 日で追熟日数 0 を下回ったが、追熟日数 5 日では収穫時と同程度となった。シュウ酸含量は、追熟温度 10°C が他の温度に比べて多い傾向であり、追熟日数 6 日まで追熟日数 0 日に比べてやや多く推移したのに対し、20°C 以上では減少傾向で推移し、20°C では収穫 4 日後から、30°C 以上では収穫 3 日後から追熟日数 0 日を下回った。

4. 原料果実の追熟中の湿度の違いと梅酒の香りおよび苦み成分(試験 4)

δ -デカラクトンは追熟日数 3 および 4 日において、60%区が 90%区に比べて多かったが、その他の香り成分は 60%区と 90%区に差がみられなかった（第 9 図）。プルナシンおよびシュウ酸含量は、60%区と 90%区に差がみられなかった（第 10 図）。

第 14 表 ウメ ‘南高’ における原料果実の追熟日数が梅酒の食味および香氣成分含量に及ぼす影響 (2008 年)^z

追熟 日数	食味評点 ^y			香氣成分 (μg・L ⁻¹)					
	味	香り	完熟香	γ-デカラクトン	δ-デカラクトン	酪酸エチル	酢酸ブチル	安息香酸エチル	
A園	0日	3.0	3.0	3.0	18	0	53	7	141
	2日	3.3	3.5	3.6	310	45	355	662	169
	4日	4.1	3.9	4.1	636	57	450	1,469	188
	6日	3.3	3.2	4.0	557	35	442	1,808	334
B園	0日	2.8	3.1	3.5	63	22	125	82	140
	2日	2.8	3.5	3.7	469	57	311	524	116
	4日	3.6	4.1	4.3	899	68	376	1,036	160
	6日	2.8	3.0	3.2	1,026	47	354	623	197
C園	0日	3.1	2.8	2.9	95	21	110	96	115
	2日	3.1	3.2	3.6	267	34	209	310	213
	4日	3.9	4.0	4.3	718	50	203	786	193
	6日	3.8	4.2	4.3	853	40	263	1,105	241

^z 青果収穫終了直後に果実を採取，追熟温度20°C，香氣成分は反復なしで測定

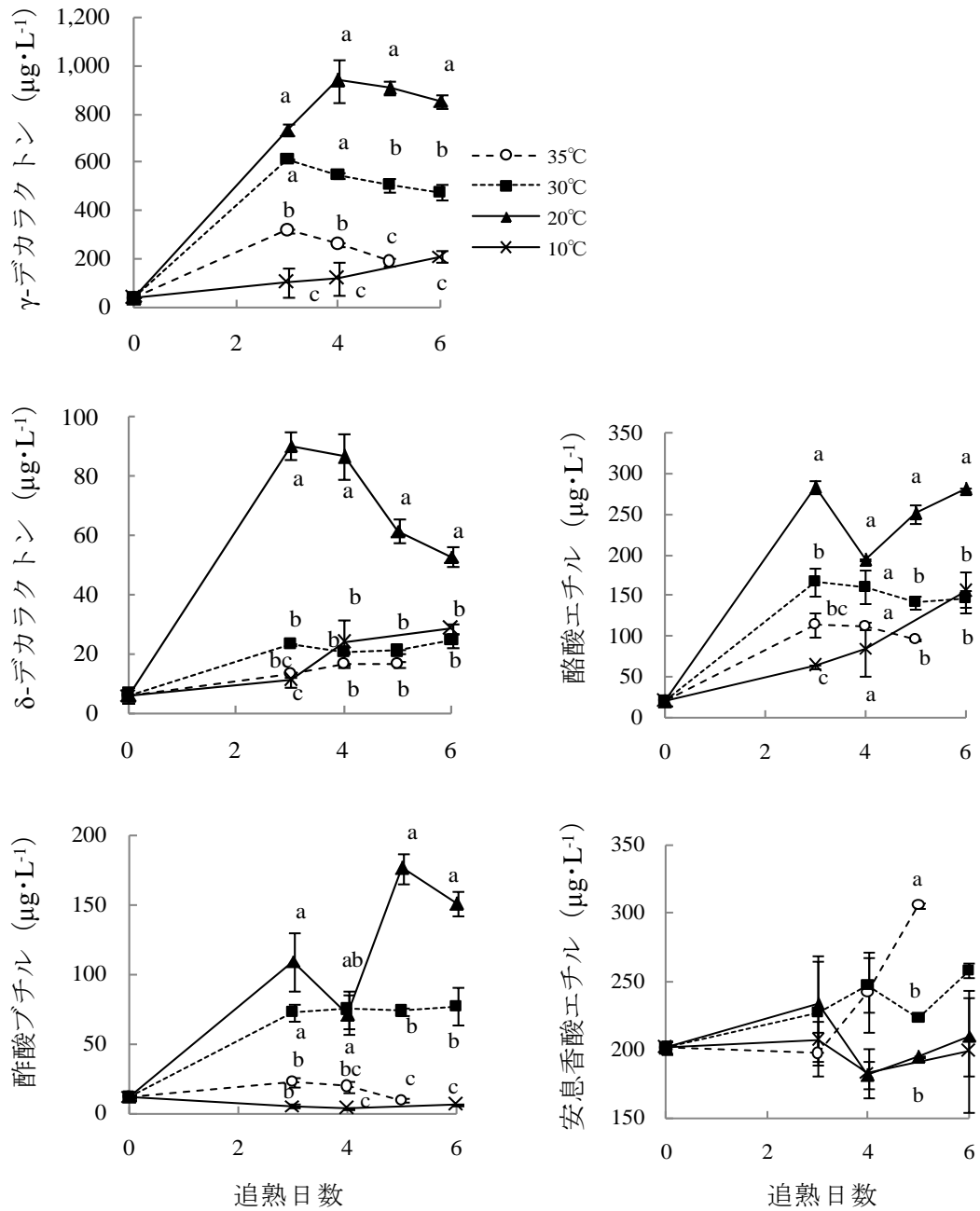
^y A園の追熟日数0日を3.0 (基準) として，5.0非常に良い (完熟香は非常に強い)，4.0良い (強い)，2.0悪い (弱い)，1.0非常に悪い (非常に弱い) で，パネラー5名により評価

第 15 表 ウメ ‘南高’ における原料果実の採取時期，追熟日数が梅酒中の香氣成分含量に及ぼす影響 (2010 年)^z

果実 採取日	追熟 日数	γ -デカラクトン ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	δ -デカラクトン ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	酪酸エチル ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	酢酸ブチル ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	安息香酸エチル ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
6月13日	0日	8.0 b ^y	0.0 c	10.1 c	10.0 b	200.9 a
	4日	564.3 a	109.5 a	208.2 a	174.0 a	123.8 ab
	5日	686.5 a	95.6 a	151.9 b	135.6 a	90.6 b
	6日	146.3 b	30.3 b	37.0 c	15.6 b	137.0 ab
6月16日	0日	9.8 b	1.9 c	15.0 c	11.5 b	162.8 a
	4日	217.4 b	41.2 b	53.6 c	20.0 b	118.6 a
	5日	795.5 a	76.6 a	288.9 b	255.4 a	109.9 a
	6日	784.0 a	66.0 a	342.3 a	315.8 a	148.0 a
6月19日	0日	70.0 b	13.9 c	45.4 b	12.0 b	154.1 a
	4日	942.8 a	102.3 a	277.9 a	331.5 a	133.2 a
	5日	945.4 a	86.2 b	288.2 a	321.8 a	173.1 a

^z追熟温度20°C

^yTukeyの多重検定により，各香氣成分の同一果実採取日の異符号間の5%水準で有意差あり (n=3)

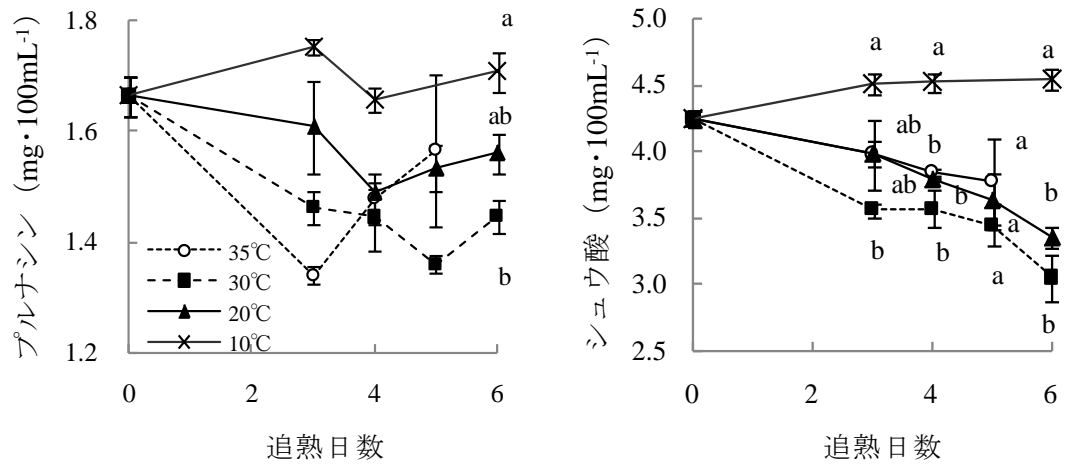


第7図 ウメ‘南高’における原料果実の追熟温度および追熟日数が梅酒の香気成分に及ぼす影響（2009年）

縦棒は標準誤差を示す（ $n = 2-3$ ）

Tukeyの多重比較により，同一追熟日数の異符号間に5%水準で有意差あり

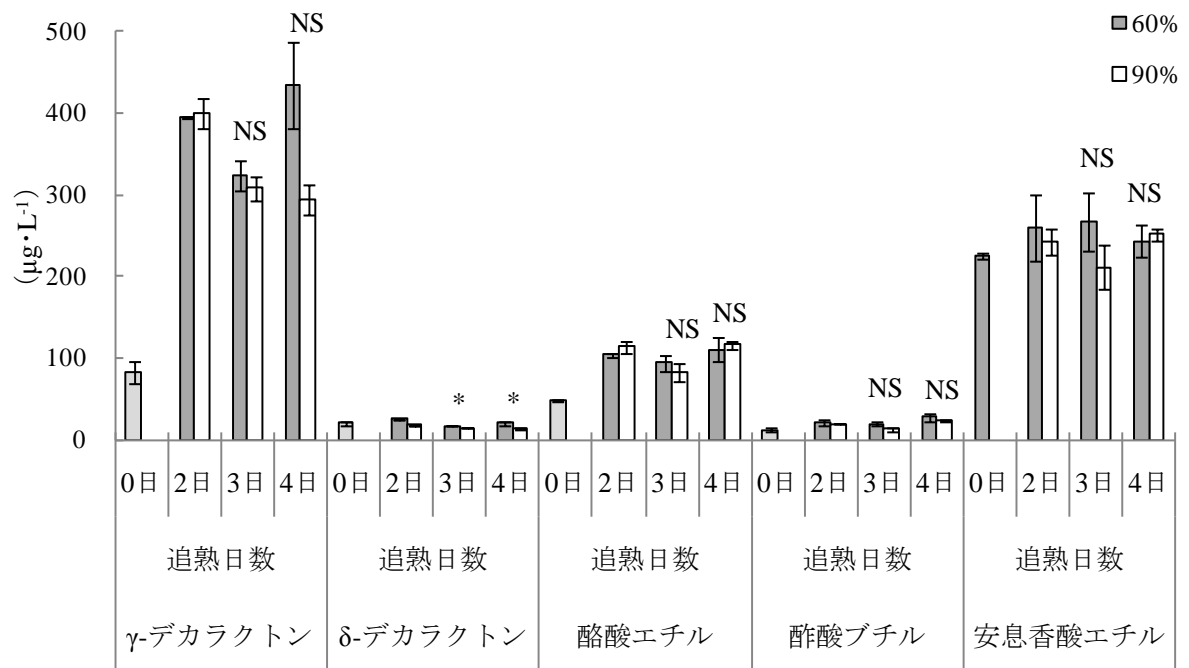
安息香酸エチルは追熟日数5日を除いて有意差なし



第8図 ウメ‘南高’における原料果実の追熟温度および追熟日数が梅酒の苦み成分に及ぼす影響（2009年）

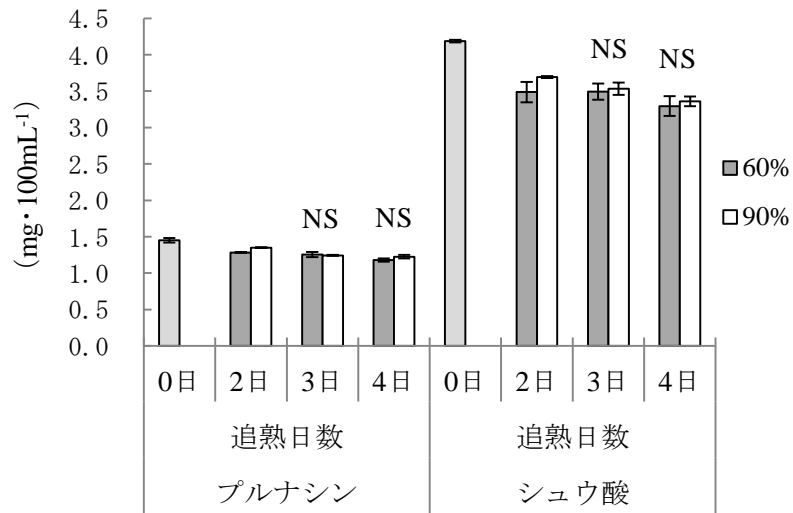
縦棒は標準誤差を示す (n = 2-3)

Tukeyの多重比較により、同一追熟日数の異符号間に5%水準で有意差あり
プルナシンは追熟日数6日を除いて有意差なし



第9図 ウメ‘南高’における原料果実の追熟中の湿度および追熟日数が梅酒の香気成分に及ぼす影響（2009年）

追熟温度は 35°C
 縦棒は標準誤差を示す（収穫後日数 3 および 4 日は n = 3, その他は n = 2）
 収穫後日数 3 および 4 日の*は 5%水準で有意差があること, NS は有意差がないことを示す(t 検定)



第 10 図 ウメ‘南高’における原料果実の追熟中の湿度および追熟日数が梅酒の苦み成分に及ぼす影響（2009 年）

追熟温度は 35°C

縦棒は標準誤差を示す（追熟日数 3 および 4 日は n = 3, その他は n = 2）

収穫後日数 3 および 4 日の NS は有意差がないことを示す(t 検定)

考察

ウメの追熟過程での内容成分の変化に関しては、果肉の有機酸、糖およびペクチン含量についての報告（稲葉・中村，1981；北野ら，1984；小宮山ら，1985；宮崎，1983；乙黒ら，1994a, b）がみられる．筆者らは追熟中に果実のクエン酸， β -カロテン含量が増加し，梅酒に加工した場合はクエン酸が増加するが，他の機能性成分や外観で品質低下するため，収穫後は速やかに流通，加工する方が良いと報告した（大江ら，2008）．しかし，追熟が食味に関係する成分に与える影響についての報告はみあたらないことから，本試験で調査した．

香り成分について，熟した果実を原料とした梅酒はフルーティーな香気を有するが，本試験でその芳香に関与する成分の一部が γ -デカラクトン， δ -デカラクトン，酪酸エチルおよび酢酸ブチルであると判断された．これら芳香成分について，酢酸ブチルはリンゴ，バナナなどに（Mattheisら，1991；Uedaら，1992），酪酸エチルはイチゴ‘とよのか’に（Noguchiら，2002）多く存在する香り成分として報告されている．また，Hayataら（2003）はメロン果実において，酪酸エチル，酢酸ブチルをブドウ様の香気と判断している．ラクトン類はモモの香りの特徴づける主要な香り成分であり（Hovortら，1990；上田，2002），成熟とともに増加し，芳香の発現に寄与していること（Kakiuchi and Ohmiya，1991；Meredithら，1989）が報告されている． γ -デカラクトンおよび δ -デカラクトンはネクタリンにおいても成熟とともに増加すること（Engelら，1988），イチゴ‘とよのか’の香気に寄与する成分であること（Fukuharaら，2005）が報告されている．本試験での食味評価において，4または6日追熟したウメ果実を原料とすることで梅酒の香りの評点が高く，これら芳香成分が高まる時期と一致したことから，関連が示された．また，梅酒においては，原料果実を20～35℃で保存した場合，これら芳香成分が増加し，特に20～30℃で保存すると大きく増加するが，10℃の低温では芳香成分の増加程度が小さいことがわかった．このことから，ある程度高い温度域で保存する方が芳香成分の増加程度が大きいことが示された．モモでは0℃で貯蔵した場合でも，2週間程度は γ -デカラクトンが増加することが報告されており（Robertsonら，1990），本試験の結果とは異なる．しかし，イチゴ果実では0，5および10℃で保存した場合，イチゴ果実の香気に寄与するエステル類には，貯蔵中に増加するものと減少するものがあり，酢酸ブチルは増加し，温度が高いほど増加程度が大きいことが報告されており（Ayala-Zavalaら，2004），温度域は異なるものの，低温では香り成分の増加程度が小さい点で本試験の梅酒での結果と一致した．また，リンゴにおいて，エチレンの作用を阻害する1-Methylcyclopropene（1-MCP）の処理や1-MCPとエチレンの前駆物質の合成を阻害するAminoethoxyvinylglycineの併用処理は，低温貯蔵後の果実のエステル類の生成を抑制することが報告されており（Escalada and Archbold，2009；Ferencziら，2006），エステル類の増加にはエチレンが関与することが示唆される．筆者らは20℃および30℃に比べて10℃ではエチレン生成が大幅に少ないことを確認していることから（大江ら，2007b），エチレンがウメ果実のエステル類の生成に関与し，梅酒のエステル類

の含量にも影響したと推察される。

熟度と追熟日数との関係については、収穫直後に漬けた場合、青果収穫熟度よりも熟した果実や追熟した果実の方が芳香成分含量は多かった。すなわち、青果収穫熟度の果実を原料とする場合は、芳香成分が高まる限界があることが示された。また、青果収穫熟度よりも熟した果実の場合、20°Cでは4日以上、30°Cでは3日以上追熟することで芳香成分が大きく増加することがわかった。

一方、本試験で未熟な果実を原料とした梅酒の青っぽい香気に関与する成分の一つは、安息香酸エチルと判断された。安息香酸エチルは20°Cで5日以内、30および35°Cで3日以内の追熟では、収穫直後に漬けた場合と比べて同程度かそれ以下で推移したが、それより長く追熟すると増加する傾向が認められた。すなわち、フルーティー感を損なわないためには、20°Cでは5日以内、30および35°Cでは3日以内の追熟期間が適当であると判断された。

青酸配糖体の一種であるプルナシンは梅酒の苦みに関与し、より未熟な果実を用いた梅酒でプルナシン含量が多いこと (Kanekoら, 1998), 市販梅酒でもその含量に大きな違いがあること (歌田ら, 1997) が報告されている。青酸配糖体はアーモンドの苦みにも関与することが報告されている (Dicentaら, 2002)。ウメ果実ではプルナシンは主に種子に存在し、成熟とともに減少する傾向を示すことが知られている (大坪・池田, 1994)。一方、シュウ酸は梅酒の不快な後味につながり、より未熟な果実を用いた梅酒で多く、 $5\text{ mg}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$ 程度で苦みを示すことが報告されている (大竹・田中, 1990)。本試験において、20°Cで4日以上、30°Cで3日以上追熟することにより梅酒のプルナシンおよびシュウ酸含量が減少することが明らかとなった。従って、前述の香り成分も併せて判断すると、梅酒の食味を高めるには、20°Cで4日もしくは30°Cで3日追熟するのが良いと考えられた。このことは、追熟温度20°Cで行った味の官能評価結果とも一致した。筆者らは、芳香成分の中でもモモ様の香りに寄与するラクトン類に特に着目しており、官能評価から、 $50\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上ではっきりと、 $200\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上では強くモモ様の香気が感じられると判断している。本試験で、20°Cで4日もしくは30°Cで3日追熟した場合、 $200\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上にまで増加しており、強くモモ様の香気が感じられる梅酒を製造する条件として適当であると判断された。プルナシンについては、Kanekoら (1998) の報告において、 $1.56\text{ mg}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$ 以上で苦みの官能評価値が高く、本試験では20°Cで4日もしくは30°Cで3日追熟した場合にその値を下回っていた。シュウ酸については、青果収穫終了期に収穫したため追熟前の時点で $5\text{ mg}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$ を下回っており、あまり官能評価に影響していないと考えられるが、シュウ酸をより多く含む青果収穫開始期の果実を採取した場合には、苦みの低減につながるものと考えられた。また、35°Cでの結果ではあるが、追熟中の湿度が60%以上であれば、香り成分や苦み成分の量に湿度は大きく影響しないものと考えられた。

以上のことから、原料果実の収穫時期や追熟条件により、梅酒加工品の香り成分および苦み成分が大きく変わることが確認された。従来の青梅を用いた梅酒とは異なった芳香成

分が高く、また青っぽい香気成分や苦み成分を抑えたフルーティーな梅酒を製造するには、より熟した果実を採取し、20°Cで4日もしくは30°Cで3日追熟させてから加工するのが良いと判断された。

第2節 ウメ‘南高’果実の着果位置の違いが梅酒加工品の香気成分および苦み成分に及ぼす影響

緒言

ウメ果実の着果位置と成熟時期および果実品質との関係についての詳細な報告はみあたらないことから、第2章2節では着果位置の違いがウメ果実の成熟、果肉の機能性成分および抗酸化能に及ぼす影響を調査した。その結果、樹冠内層の果実は外層の果実と比べて7日程度成熟が遅れ、慣行どおり収穫時期を遅らせることは、多くの果実品質を樹冠外層の果実と同程度にまで高めることにつながると述べた。一方で、ポリフェノール含量や抗酸化能は、着果位置に関係なく同様に減少することから、青果収穫開始期での比較では、遅く収穫される樹冠内層の果実が外層の果実よりも低くなることを報告した。さらに第2章3節では、このような収穫方法が梅酒の機能性成分との関係を調査し、果実品質と同様、樹冠内層の果実については、遅らせて成熟時期に収穫されるといくつかの機能性成分が改善され、さらに、樹冠内層の果実を用いた梅酒は、収穫時期の遅延によってポリフェノール含量や抗酸化能が外層果実よりも増加することを明らかにした。

一方、本章第1節で‘南高’を原料とした梅酒の特徴香について調査し、芳香に関与する成分の一部が γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルであり、青っぽい香気成分の一部が安息香酸エチルであると報告した。これらの含量は果実の熟度により変化することから、原料果実の着果位置の違いによっても影響を受けることが予想される。

そこで、本節では着果位置の違いが梅酒の食味成分に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

第2章3節で原料果実の着果位置別に機能性成分を調査した梅酒について、食味成分を調査した。すなわち、樹冠外層の果実の青果収穫開始の直前をI期、樹冠外層の果実の青果収穫開始期をII期、樹冠内層の果実の青果収穫開始期をIV期、樹冠外層の果実がやや黄色みを帯び始める青果収穫終期をV期とし、II期とIV期の間にIII期を設け、それぞれの時期に梅酒に加工して苦み成分および香気成分を調査した。さらに2009年はV期から3日ごとに1~2回果実を採取し、VI期、VII期（内層果実のみ）とし、黄熟期の果実を用いた梅酒の香気成分も調査した。苦みに関与する成分については、本章第1節と同様に、プルナシンは寺田・山本（1992）の分析方法により、シュウ酸はHataら（2006）の方法を参考に、

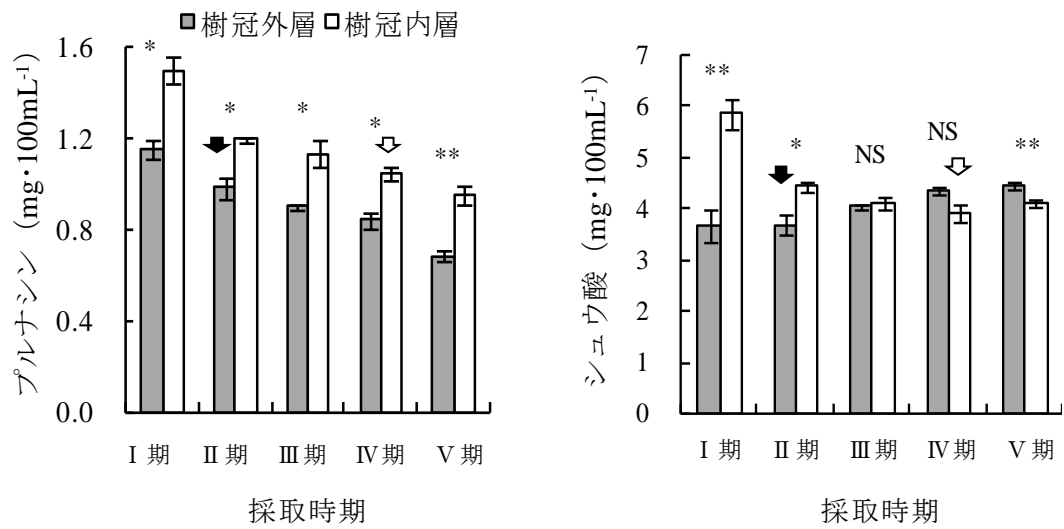
HPLC で測定した。香氣成分については、本章第 1 節と同様に、 γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン、酪酸エチル、酢酸ブチルおよび安息香酸エチルを小林ら（2007）の報告を参考に、GC/MS（GC2010，検出器 GSMS-QP2010，島津製作所）で内部標準法により測定した。

結果

2007～2010 年の 4 年間調査したが、樹冠外層と内層の果実で調製した梅酒間の収穫時期ごとの比較に関して、代表的な年として苦み成分は 2010 年、香氣成分は 2009 年のデータのみを示す。

苦みを呈するプルナシンの含量は、原料果実の採取時期が遅いものほど少ない傾向を示し、樹冠内層の果実の梅酒が外層のものよりも多かった（第 11 図）。同時に苦みの原因となるシュウ酸の含量は、II 期までは樹冠内層の果実の梅酒が外層のものよりも多く、それ以降は両者に大きな差がなかった。両着果位置の収穫開始期の果実を原料とした梅酒間で比較したところ、プルナシンおよびシュウ酸含量は樹冠外層と内層の果実の梅酒間に大きな差がなかった（第 16 表）。

芳香成分について、樹冠外層の果実の梅酒では V 期以降、 γ -デカラクトン、 δ -デカラクトンおよび酪酸エチル含量が顕著に多かったのに対し、内層のものでは酪酸エチルは V 期以降の果実を使用しても差がみられず、 γ -デカラクトンおよび δ -デカラクトン含量も外層のものよりも少ない傾向であった（第 12 図）。青っぽい香氣成分の安息香酸エチル含量は、原料果実の採取時期が遅いほど少ない傾向を示し、樹冠内層の果実の梅酒が外層のものよりも多い傾向であった。両着果位置の収穫開始期の果実を原料とした梅酒間で比較したところ、酪酸エチルおよび酢酸ブチルは樹冠外層の果実の梅酒が内層のものよりもやや多く、安息香酸エチルは大きな差がなかった（第 17 表）。



第 11 図 着果位置と採取時期の異なるウメ‘南高’果実で調製した梅酒のプルナシン濃度 (左) およびシュウ酸濃度 (右) の相違 (2010 年)

収穫時期, 樹冠外層, 樹冠内層および図中矢印については第 4 および 5 図参照
 *, **は *t* 検定によって 5 または 1% 水準で有意差あり, NS は有意差なし
 縦棒は標準誤差を示す (n = 3)

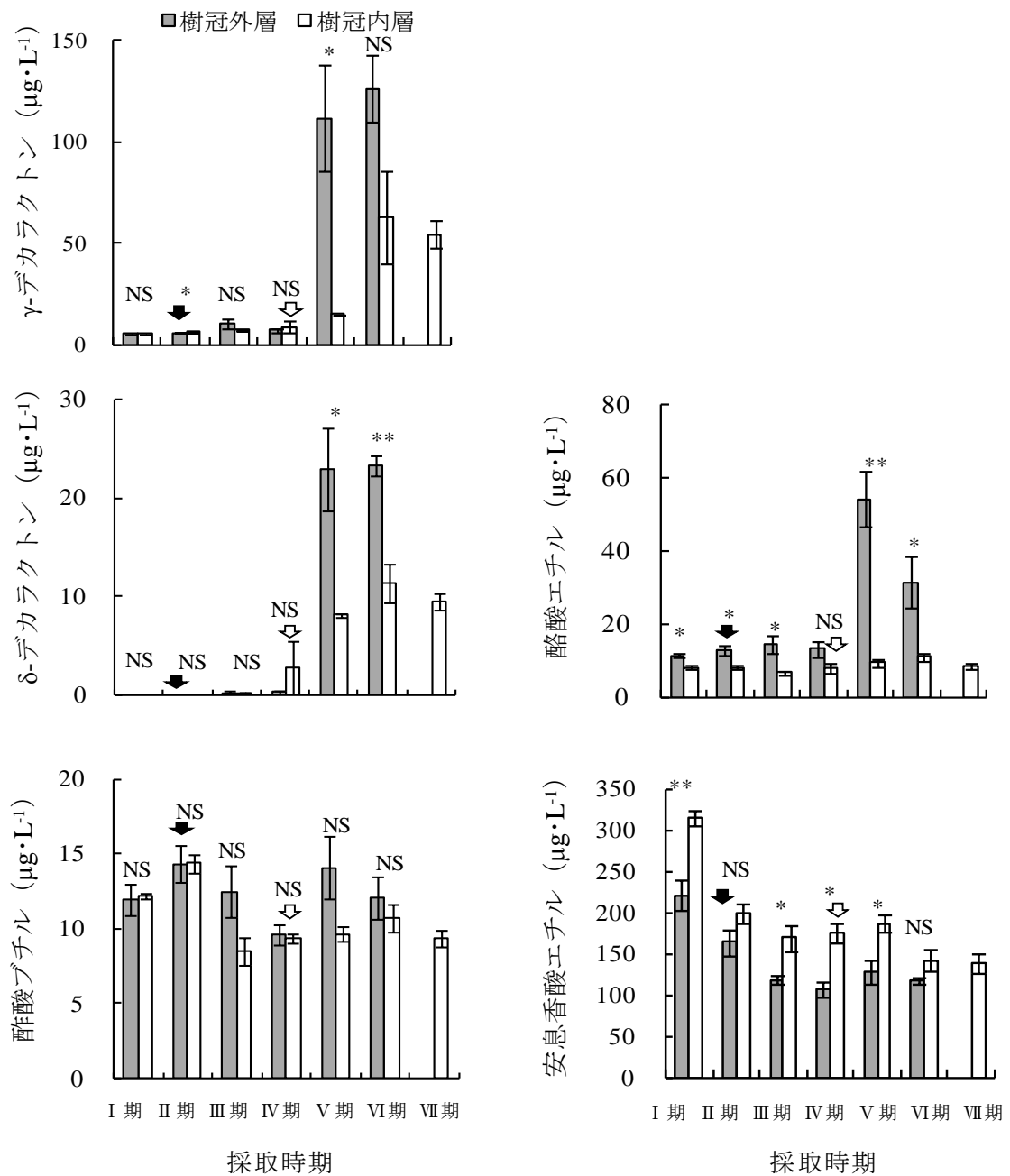
第 16 表 ウメ‘南高’の樹冠外層および内層における青果収穫開始期の
果実で調製した梅酒のプルナシンおよびシュウ酸濃度^z

年次	プルナシン(mg・100 mL ⁻¹)			シュウ酸(mg・100 mL ⁻¹)		
	外層 ^y	内層	有意性 ^x	外層	内層	有意性
2007	1.29	1.08	NS	7.69	6.66	NS
2008	1.35	1.50	NS	6.37	7.20	*
2009	1.62	1.69	NS	5.88	5.72	NS
2010	0.98	1.05	NS	3.69	3.91	NS

^z 樹冠外層の果実はⅡ期，樹冠内層の果実はⅣ期に採取

^y 外層は樹冠外層の果実，内層は樹冠内層の果実を示し，
詳細については第4図参照

^x *は t 検定によって5%水準で有意差あり，NSは有意差なし



第 12 図 着果位置と採取時期の異なるウメ‘南高’果実で調製した梅酒に含まれる香気成分濃度の相違 (2009 年)

第 1 図と同様に I～V 期に果実を採取するとともに、V 期以後 3 日ごとに 1～2 回果実を採取して VI および VII 期とした

I, II, III, IV, V, VI および VII 期 (VII 期は内層果実のみ) はそれぞれ、6 月 7 日、10 日、13 日、16 日、19 日、22 日および 25 日

樹冠外層、樹冠内層および図中矢印については第 4 図参照

*, ** は *t* 検定によって 5 または 1% 水準で有意差あり, NS は有意差なし

縦棒は標準誤差を示す (n = 3)

第 17 表 ウメ‘南高’の樹冠外層および内層における青果
収穫開始期の果実で調製した梅酒の香気成分濃度^z

	樹冠外層 ^y	樹冠内層	有意性 ^x
γ-デカラクトン(μg・L ⁻¹)	6	9	NS
δ-デカラクトン(μg・L ⁻¹)	0	3	NS
酪酸エチル(μg・L ⁻¹)	13	8	*
酢酸ブチル(μg・L ⁻¹)	14	9	*
安息香酸エチル(μg・L ⁻¹)	165	176	NS

^z 樹冠外層の果実はⅡ期，樹冠内層の果実はⅣ期に採取

^y 外層は樹冠外層の果実，内層は樹冠内層の果実を示し，
詳細については第4図参照

^x *は t 検定によって5%水準で有意差あり，NSは有意差なし

考察

ウメ果実の着果位置と成熟時期および果実品質との関係についての詳細な報告はみあたらないことから、第2章2節では着果位置の違いがウメ果実の成熟、果肉の機能性成分および抗酸化能に及ぼす影響を、第2章3節で着果位置の違いが梅酒品質に及ぼす影響を調査した。ここでは着果位置の違いが梅酒の食味成分に及ぼす影響について調査した。

食味成分について、青酸配糖体の一種であるプルナシンは梅酒の苦みに関与し、より未熟な果実を用いた梅酒で含量が多いこと (Kaneko ら, 1998), 主に種子に存在し、成熟とともに減少する傾向を示すこと (大坪・池田, 1994) が報告されており、本試験においても原料果実の収穫時期が遅いほど、製造された梅酒のプルナシン含量が少ない傾向であることが確認された。また、プルナシン含量は同日では樹冠内層の果実を用いた梅酒は外層の果実を用いた梅酒よりも多く、それぞれの青果収穫開始期で比較すると差がないことから、樹冠内層の果実の収穫時期を外層の果実よりも遅らせることは、プルナシンによる苦みの低減につながると判断された。また、シュウ酸も梅酒の苦味につながり、成熟とともに減少する傾向を示すことが報告されている (大竹・田中, 1990)。本試験で、Ⅱ期までは樹冠内層の果実を用いた梅酒は外層のものに比べてシュウ酸含量が多かったが、それぞれの青果収穫開始期の果実を用いた梅酒で比較すると差がなく、Ⅲ期以後の原料果実を用いた場合はほぼ同じ含量であった。よって、現行の毛じの抜け具合などによる青果収穫開始期の指標で収穫すれば、シュウ酸による苦みは青果収穫期間中、着果位置によらずあまり差がなく、食味への影響が小さいと推察される。

市場流通用果実は青くて堅い果実が選別されるため、通常樹冠外層および内層の果実ともにⅤ期までに収穫される。しかし近年、青っぽい香りが少なく、フルーティーな梅酒の原料として黄熟した果実が使用されるようになってきていることから、2009年はさらにⅤ期よりも後の黄熟期に1~2回果実を採取して香氣成分を比較した。本章第1節で未熟な果実を原料とした梅酒の青っぽい香氣に安息香酸エチルが関与すると報告し、本試験で安息香酸エチルは同日では樹冠内層の果実を用いた梅酒が外層の果実を用いた梅酒よりも多く、それぞれの青果収穫開始期で比較すると差がないことから、樹冠内層の果実の収穫時期を外層の果実よりも遅らせることは、安息香酸エチルによる青っぽい香氣の低減につながると判断された。一方、本章1節で芳香成分の一部が γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルであると報告した。ラクトン類はモモやネクタリンの主要な香氣成分であり、成熟とともに増加することが報告されている (Engel ら, 1988; Kakiuchi and Ohmiya, 1991; Meredith ら, 1989)。これら報告と同様に、梅酒についても樹冠外層の果実を用いた場合、黄熟期の果実を原料とすると、 γ -デカラクトンおよび δ -デカラクトンが大幅に増加し、加えて酪酸エチルも大幅に増加することが認められた。しかし、樹冠内層の果実を用いた場合、Ⅶ期 (青果収穫終期の6日程度後) に採取しても酪酸エチル含量は少ないままであり、 δ -デカラクトン含量もⅤ期の外層のものよりも少ない傾向であることから、樹冠内層の果実の梅酒は外層のものよりもフルーティーな芳香が少ないと判断

される。ただし、樹冠外層の果実を先に収穫すると、樹冠内層の果実の生長が促進され、養分の分配が増えることも予想され、今後、樹冠外層の果実を先に収穫した後の樹冠内層の果実品質および梅酒加工品品質について検討する必要がある。

以上のように、樹冠内層の果実については、遅らせて成熟時期に収穫されると食味成分が改善された。収穫時期を遅らせ、V期およびそれ以降のウメを利用してフルーティーな梅酒を作る場合では、樹冠内層の果実ではそれに関連した芳香は樹冠外層の果実ほど高まらないことが確認された。

第3節 高い芳香成分を有する梅酒製造のためのウメ‘南高’果実の熟度指標

緒言

筆者らは本章第1節で、‘南高’を原料とした梅酒に特徴的な香气成分を調査した。その結果、芳香成分の一部が、 γ -デカラクトン（モモ様）、 δ -デカラクトン（モモ様）、酪酸エチル（パイナップル様）および酢酸ブチル（リンゴ様）であることを明らかにした。また、原料果実の収穫時期や追熟条件により梅酒加工品の香气成分が大きく変わることを報告した。他の果樹では栽培要因が芳香成分量に影響することが報告されていることから（Mattheis ら、1991）, ‘南高’についても園地条件により香气成分量に違いがあることが予想される。よって、フルーティーな梅酒を安定的に製造するためには芳香成分が多い原料果実を判定する客観的な指標が必要である。

そこで、本節では開花時期および収穫時期が異なる地域で採取した果実の形質とそれらを原料とした梅酒の芳香成分含量の関係を調査し、芳香成分含量の指標となる果実形質を明らかにしようとした。

材料および方法

1. 採取地域および時期の異なる原料果実の形質と梅酒の香气成分（試験1）

2008 および 2009 年に、和歌山県みなべ町の沿岸部から山間部にかけての A~F の 6 地域（D 地域は 2008 年のみ）に植栽された‘南高’成木（各地域 1~3 園、各園 1 樹）について、樹冠外層の果実を供試した。なお、例年収穫時期は温暖な地域で早く、収穫時期が早い地域から順に A~F 地域とした。現行の収穫基準である色つや、毛じの抜け具合などの果実外観および完熟落果の状況をもとに、青果収穫盛期、青果収穫終期、完熟落果始期および完熟落果盛期を判断し、青果収穫盛期から完熟落果終期の間に 2~9 回採取した（第 18 表）。青果収穫盛期を I 期、青果収穫終期を III 期、完熟落果開始期を IV 期、完熟落果盛期を VI 期とした。I 期と III 期およびその中間の時期に II 期を、IV 期と VI 期およびその中間の時期に V 期を設け、一部の園地では VI 期から 2~4 日ごとに 2~3 回果実を採取し、VII 期、VIII 期および IX 期とした。なお、2009 年は II 期以降に果実を採取した。果実は直射日光が当たらない部位の平均的な大きさのものを 1 回につき、2008 年は 2 kg 程度、2009 年は

4 kg 程度採取した。採取した果実のうち 10 果について、熟度指標となる形質を調査したうえで、750 g 程度を梅酒に加工した。果実形質の調査項目は現行の収穫指標の 1 つである毛じの抜け具合に加え、果実重、果径指数（縦径／横径）、果皮色 b^* 値および果実硬度を調査した。第 2 章 1 節と同様、色差計で赤道部の果皮色 b^* 値を、レオメータで果実硬度を測定した。加工方法はウメ果実 1 kg に対して 35% 果実酒用アルコール（ホワイトリカー）1.8 L、上白糖 0.5 kg の割合で、冷暗所にて 6 か月間漬け込んだ。漬け込み終了後、本章第 1 節と同様に GC/MS（GC-2010、検出器 GSMS-QP2010、島津製作所）を用いて、芳香成分の分析を行った。なお、本試験では同種類の香気である γ -デカラクトンと δ -デカラクトンは合計し、総デカラクトンとして表した。

2. 追熟した原料果実の形質と梅酒の香気成分（試験 2）

試験 1 の結果を受けて、果皮色 b^* 値および果実硬度が梅酒の芳香成分含量の指標として、追熟した果実にも利用できるかの確認を行った。すなわち、2009 年に採取した果実のうち、残りの果実を出荷用段ボール箱に入れて 20°C（平均湿度 87%）で追熟し、果皮色 b^* 値および果実硬度を段階的に変化させ、採取日より 2 日ごと（採取後 0, 2, 4 および 6 日）に 10 果の果皮色 b^* 値および果実硬度を試験 1 と同様に調査したうえで、500 g 程度を梅酒に加工した。漬け込み後に試験 1 と同様に芳香成分を測定し、果皮色 b^* 値および果実硬度との相関を調査した。

結果

1. 採取地域および時期の異なる原料果実の形質と梅酒の香気成分（試験 1）

2008 および 2009 年ともに、芳香成分含量は、Ⅱ期までに採取した果実で調製した梅酒で少なく（データ略）、Ⅲ期以後に採取した果実で調製したもので多い傾向を示した（第 13 図）。しかし、年および地域により芳香成分含量が多くなる時期が異なった。すなわち、2008 年に総デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチル含量のすべてが $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上となる時期（総デカラクトンでは、はっきりと香気が感じられる目安）は、C, D および F 地域ではⅢ期であったが、その他の地域ではⅣ期であった。2009 年にこれら芳香成分含量が $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上となる時期は E 地域ではⅢ期、B, F および C 地域の 1 園ではⅣ期であったが、A 地域および C 地域の 1 園ではⅣ期でも、 $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ を下回った。このため、Ⅲ期およびⅣ期の同じ収穫熟度で比べると、収穫時期の遅い園地で芳香成分が多い傾向がみられた。

次に、原料果実の形質と梅酒の芳香成分含量との関係を調査したところ、各香気成分含量とも、果実重や果径指数との間には 2009 年は相関関係がみられなかったが、毛じの抜け具合、果皮色 b^* 値および果実硬度との間には両年とも強い相関関係が認められた（第 19 表）。特に、果実硬度との間には、 $r = -0.511 \sim -0.684$ ($p < 0.01$) の強い負の相関関係が認められた。芳香成分含量と相関関係が強かったこれら形質のうち、果皮色 b^* 値および果実

硬度について詳細にみると、原料果実の果皮色 b^* 値が 34.5 未満の梅酒は、各芳香成分含量とも 2008 年は $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満、2009 年は $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満であった（第 14 図）。また、原料果実の硬度が 0.98 kg より大きい梅酒は、1 試料を除き、各芳香成分含量とも 2008 年は $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満、2009 年は $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満であった（第 15 図）。これら 2 つの数値を指標として、果皮色 b^* 値が 34.5 以上かつ果実硬度が 0.98 kg 以下の果実を原料とした梅酒（以下指標適合区）を、それ以外のもの（以下指標不適合区）と芳香成分含量を比較したところ、前者は後者と比べて、2008 年の総デカラクトンが 9.9 倍、酪酸エチルが 4.1 倍、酢酸ブチルが 43.1 倍、2009 年の総デカラクトンが 4.0 倍、酪酸エチルが 3.7 倍、酢酸ブチルが 7.0 倍であり有意に多かった（第 16 図）。

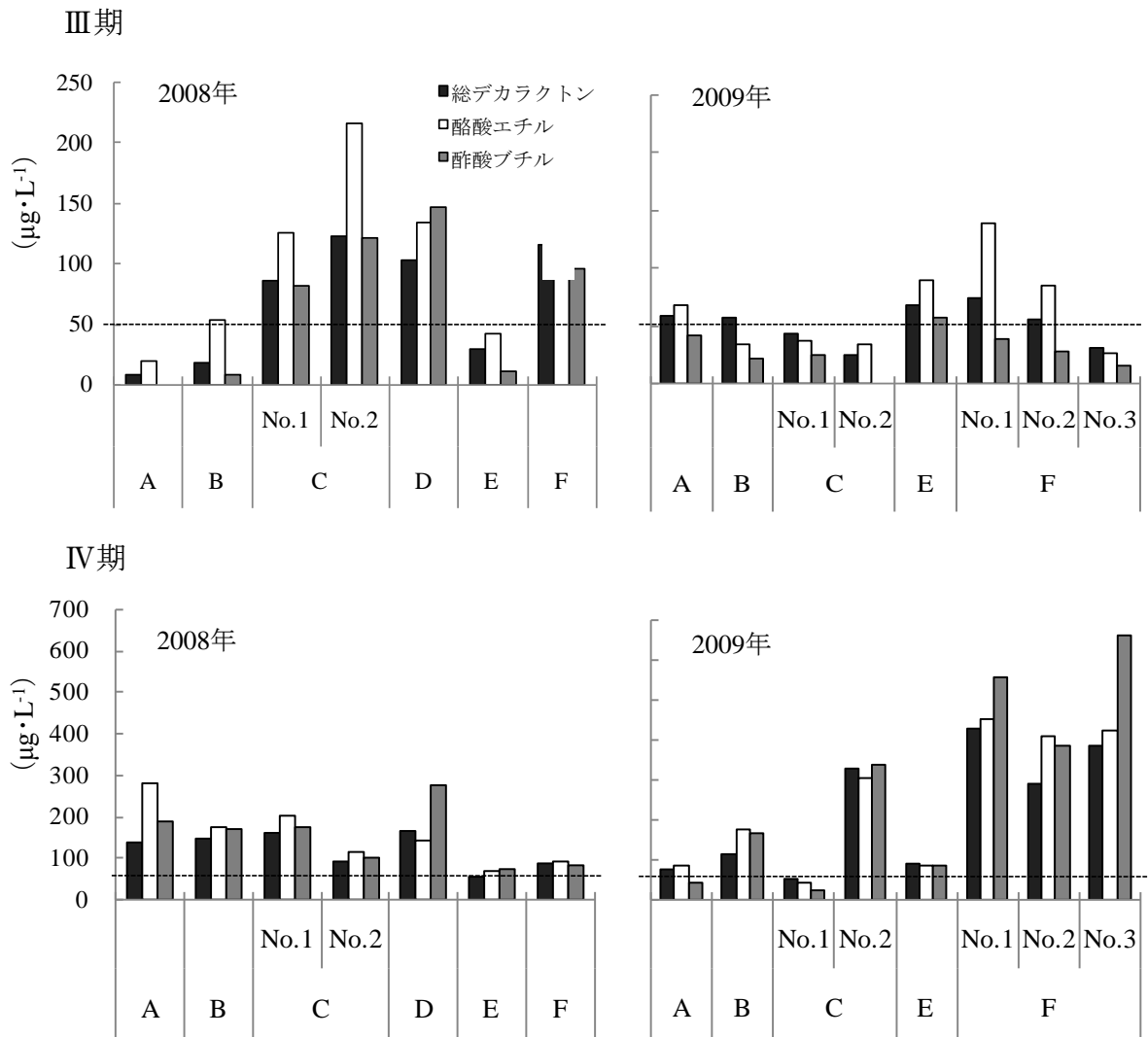
2. 追熟した原料果実の形質と梅酒の香り成分（試験 2）

追熟日数の異なる果実の形質と総デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチル含量との関係を試験 1 と同様に調査したところ、各芳香成分量とも、果皮色 b^* 値との間に $r = 0.652 \sim 0.809$ ($p < 0.001$)、果実硬度との間に $r = -0.758 \sim -0.864$ ($p < 0.001$) の強い相関関係が認められた（第 17 図）。

第 18 表 各年次および園地の梅酒原料果実の採取日（月／日）²

年次	園地	青果収穫期			完熟落果期					
		I 期 ²	II 期	III 期	IV 期	V 期	VI 期	VII 期	VIII 期	IX 期
2008	A	6/6	6/9	6/13	6/17					
	B	6/13	6/16	6/22	6/24	6/26	6/28	6/30	7/3	7/7
	C No.1	6/13		6/19	6/22	6/27				
	C No.2	6/18		6/23	6/26					
	D			6/26	7/1					
	E	6/18		6/26	6/30	7/3				
	F	6/24		7/1	7/3	7/7	7/10			
2009	A			6/4	6/7					
	B		6/11	6/15	6/18	6/20	6/22			
	C No.1		6/15	6/17	6/20	6/22	6/24	6/26	6/28	
	C No.2		6/17	6/20	6/23					
	E		6/17	6/22	6/24	6/26	6/28			
	F No.1		6/19	6/22	6/24					
	F No.2		6/22	6/24	6/28	6/30	7/2			
	F No.3		6/22	6/26	6/30					

²青果収穫盛期を I 期，青果収穫終期を III 期，完熟落下開始期を IV 期，完熟落下盛期を VI 期とした。完熟落下終期を IX 期とした。I 期と III 期の間に II 期を，IV 期と VI 期の間に V 期を設け，一部の園地では VI 期から 2～3 回果実を採取し，VII 期，VIII 期および IX 期とした。



第 13 図 原料果実の採取園地および採取時期の違いと梅酒の芳香成分含量

総デカラクトンは、 γ -デカラクトンと δ -デカラクトンの合計
III期およびIV期，A～Fは第 18 表参照

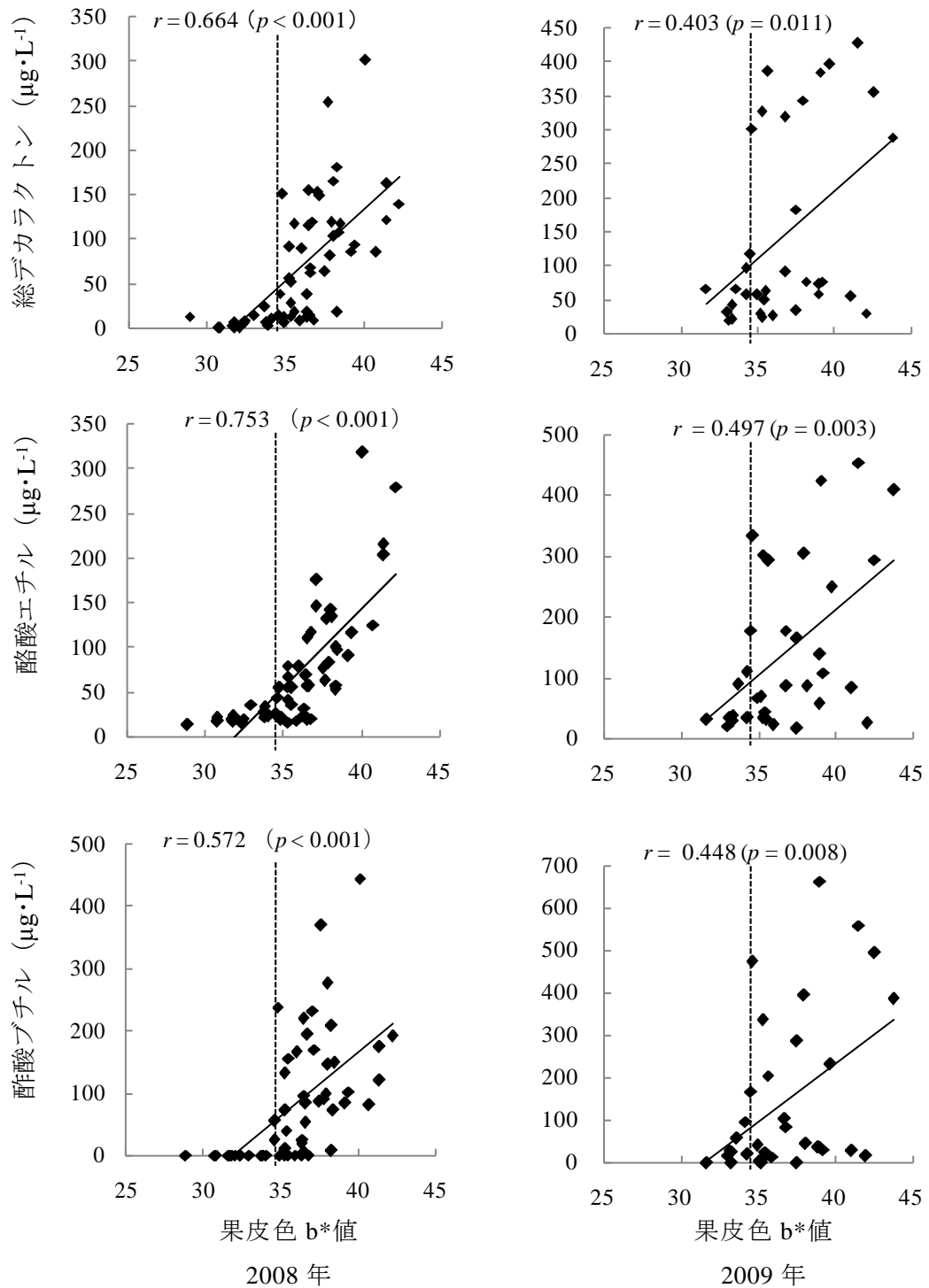
第 19 表 原料果実の形質と梅酒中の芳香成分含量との相関係数^z

	年 点数	総デカラクトン ^z	酪酸エチル	酢酸ブチル
果実重(g)	2008 n = 57	0.368 ** ^y	0.364 **	0.291 *
	2009 n = 34	-0.106 NS	-0.074 NS	-0.071 NS
果径指数 (縦径/横径)	2008 n = 54	-0.505 ***	-0.477 ***	-0.451 ***
	2009 n = 34	-0.132 NS	-0.144 NS	-0.214 NS
毛じ抜け具合 (%)	2008 n = 58	0.586 ***	0.456 ***	0.529 ***
	2009 n = 32	0.427 *	0.416 *	0.413 *
果皮色 b [*] 値	2008 n = 58	0.664 ***	0.753 ***	0.672 ***
	2009 n = 34	0.403 *	0.497 **	0.448 **
果実硬度(kg) ^x	2008 n = 58	-0.665 ***	-0.521 ***	-0.684 ***
	2009 n = 33	-0.548 **	-0.556 ***	-0.511 **

^z総デカラクトンはγ-デカラクトンとδ-デカラクトンの合計

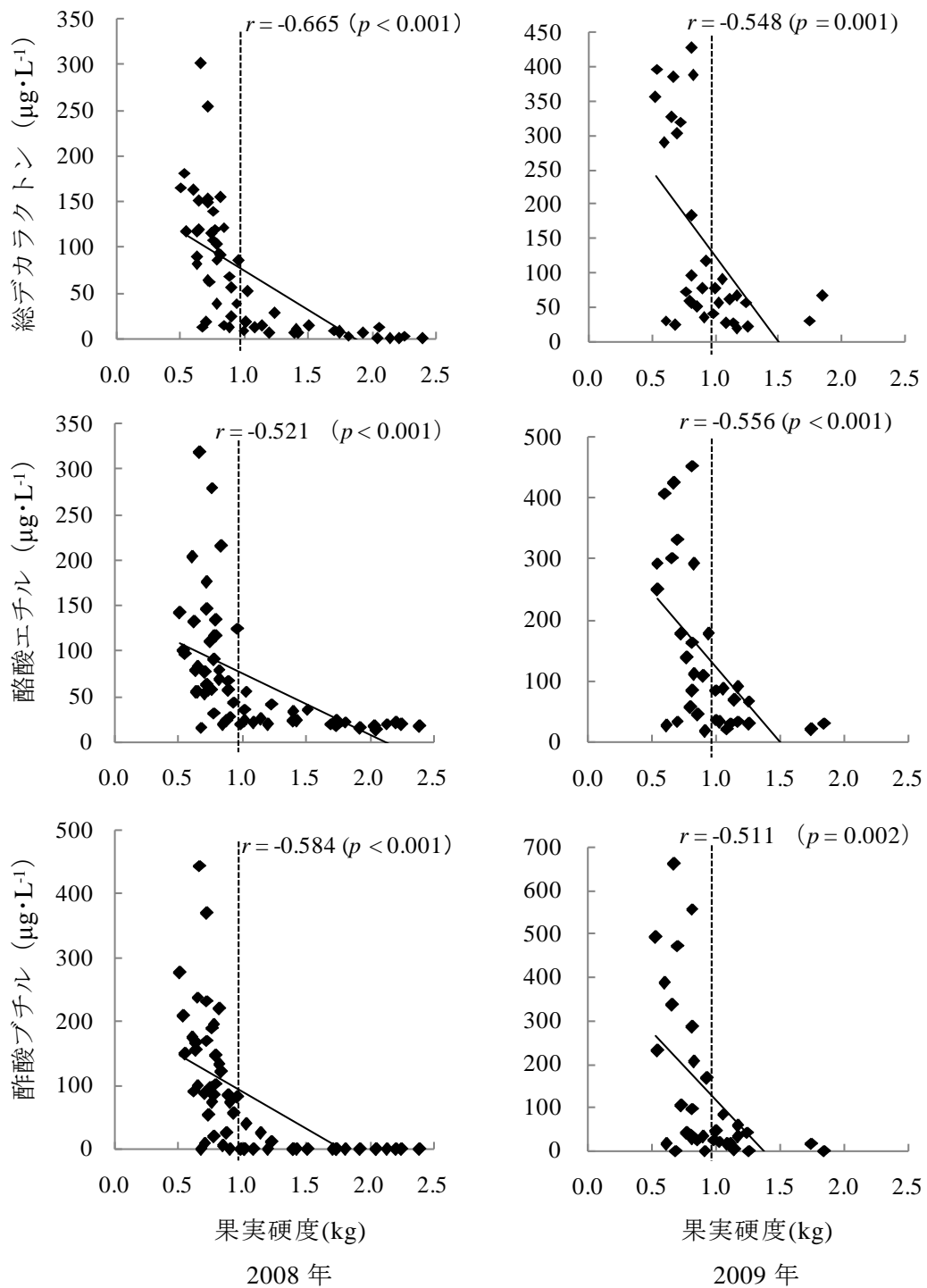
^y*, **, ***は5, 1または0.1%水準で有意であること, NSは有意でないことを示す

^x果実硬度は定深度測定によるレオメーター値 (プランジャー直径5 mm, 侵入1 mm)



第 14 図 原料果実の果皮色 b^* 値と梅酒の芳香成分含量との関係（採取直後の果実を原料とした場合）

点線は果皮色 b^* 値 34.5 を示す
 総デカラクトンは、 γ -デカラクトンと δ -デカラクトンの合計
 2008 年は $n = 58$, 2009 年は $n = 33-34$

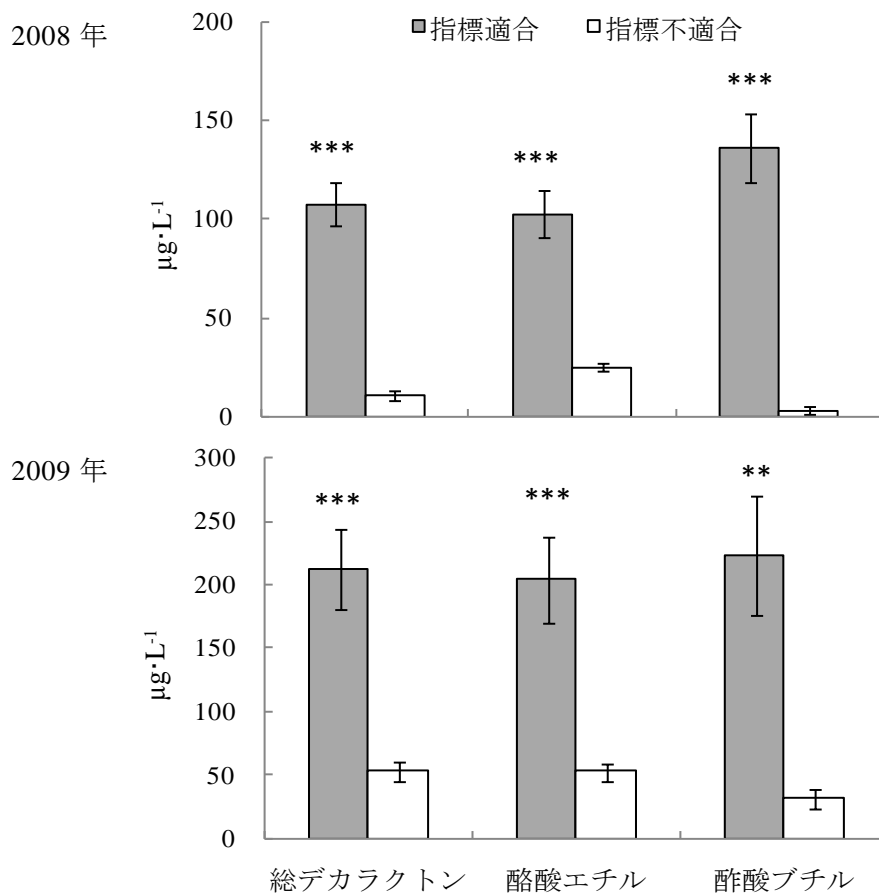


第 15 図 原料果実の果実硬度と梅酒の芳香成分含量との関係（採取直後の果実を原料とした場合）

点線は果実硬度 0.98 kg を示す

総デカラクトンは、 γ -デカラクトンと δ -デカラクトンの合計

2008 年は n = 58, 2009 年は n = 33-34



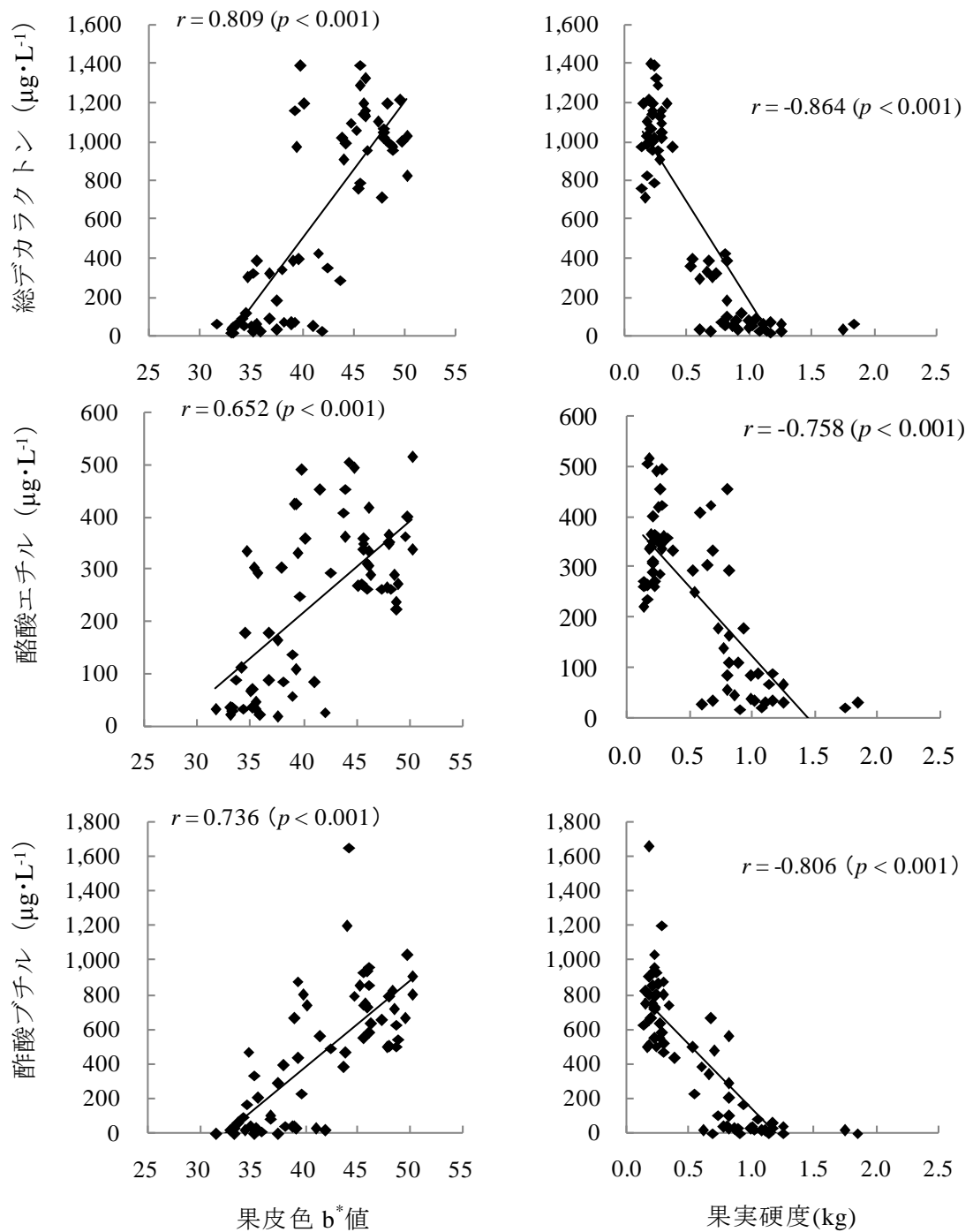
第 16 図 果皮色 b^* 値および果実硬度を指標として区分した場合の梅酒の芳香成分含量の比較

指標は果皮色 b^* 値が 34.5 以上かつ果実硬度が 0.98 kg 以下

2008 年は指標適合が $n = 34$, 指標不適合が $n = 24$, 2009 年は指標適合が $n = 20$, 指標不適合が $n = 14$, バーは SE を示す

総デカラクトンは, γ -デカラクトンと δ -デカラクトンの合計

, *は t 検定によって 1 または 0.1% 水準で有意差あり



第 17 図 追熟日数の異なる果実を原料とした場合の果皮色 b^* 値および果実硬度と梅酒の芳香成分含量との関係 (2009 年, $n = 67$)

総デカラクトンは、 γ -デカラクトンと δ -デカラクトンの合計

考察

本章第1節で筆者らは、熟した果実を原料とした梅酒の芳香成分の一部が γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルであると判断し、原料果実の収穫時期や追熟によりその含量が大きく変わることを明らかにした。また、芳香成分を高め、青っぽい香気成分や苦み成分を抑えたフルーティーな梅酒を製造するには、より熟した果実を採取し、20°Cで4日もしくは30°Cで3日追熟させてから加工するのが良いと結論づけた。さらに、青果収穫熟度の果実を原料とする場合は、芳香成分含量が増加する限界があることが示されたことから、追熟で芳香成分含量を多くするとしても、なるべく熟度が進んだ果実を用いる方がよいとした。しかし、梅酒の芳香成分含量が多くなる熟度の果実を採取するための指標や芳香成分含量を多くするために必要な追熟期間を示す指標が明らかでないことから、本報では客観的な指標を明らかにすることを目的とした。

栽培条件と果実の香気成分の関係について、日照不足がエステル類の減少につながるということが知られている(上田, 2002)。Mattheisら(1991)は園地によりリンゴ果実から発生するエステル類の含量に違いがあり、要因として栽培管理による可能性があるとしている。また、モモ果実中のラクトン類は、含量が施肥量により影響を受けることも報告されている(Jia and Okamoto, 2001)。本試験でも、同じ収穫期に採取した果実であっても園地や年により加工した梅酒の芳香成分含量に差がみられた。モモでは満開後30~45日の気温が果実発育期間に影響し(Boonprakobら, 1992)、暖かい地域で果実発育期間が短く、着色程度や可溶性固形物含量が大きいこと(Wertら, 2009)が報告されている。本試験で、III期およびIV期の同じ収穫熟度で比べると、収穫時期の遅い園地で芳香成分が多い傾向がみられた。通常、ウメの収穫時期は冷涼な地域で遅いことから、冷涼な気象条件がウメ果実の発育期間を延長し、収穫期の指標となる着色を抑制したことが園地間差の要因であるかもしれない。よって、今後気象条件と果実品質との関係について詳細な検討が必要である。

果実の内容成分の含量を予測する指標として、Hymanら(2004)はトマト果実のリコペン含量が果皮色 a^* 値の4乗で算出できることを報告している。また、Itle・Kabelka(2009)はカボチャ果肉の総カロテノイド含量が a^* 値と、ルチン含量が b^* 値と強い正の相関関係があることを、Moore(1997)はラズベリー果実のアントシアニン含量が a^*/b^* 値と正の相関関係があることを報告している。筆者らも追熟中の‘南高’果実の果皮色 b^* 値が、 β -カロテン含量の目安となることを報告している(大江ら, 2008)。本試験で、栽培環境が大きく異なる6~8園で2年間にわたり原料果実の形質と梅酒の芳香成分含量との関係を調査したところ、各芳香成分含量とも、毛じの抜け具合、果皮色 b^* 値および果実硬度との間に強い相関関係が認められた。加えて、追熟した果実についても果皮色 b^* 値および果実硬度との間に強い相関関係が認められたことから、これらは梅酒中の芳香成分含量が多くなる熟度の果実を採取するための指標として、また、芳香成分含量を多くするために必要な追熟期間を示す指標として利用できると考えられた。

筆者らは芳香成分の中でもモモ様の香りに寄与するラクトン類に特に着目しており、本

章第1節での官能評価から、 $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上ではっきりと、 $200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上で強くモモ様の香気が感じられると判断している。本試験で、総デカラクトン含量をはじめ、各芳香成分とともに、原料果実の果皮色 b^* 値が 34.5 未満の梅酒は、各芳香成分含量が 2008 年は $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満、2009 年は $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満であった。原料果実の硬度が 0.98 kg より大きい梅酒は、1 試料を除き、各芳香成分含量が 2008 年は $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満、2009 年は $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満であった。このように、芳香成分含量が全体的に多い年や少ない年がみられるものの、芳香成分含量が少なくなる果実をできるだけ排除し、より芳香成分含量が多い梅酒を製造するための果実の選定指標として、果皮色 b^* 値 34.5 以上または果実硬度 0.98 kg 以下の基準が利用できると判断された。実際、これら 2 つの条件ともに満たす果実で製造した梅酒と満たさない果実で製造した梅酒とを比較したところ、2008 年の総デカラクトンが 9.9 倍、酪酸エチルが 4.1 倍、酢酸ブチルが 43.1 倍であり、II 期以降に採取した果実のみを調査した 2009 年においても、総デカラクトンが 4.0 倍、酪酸エチルが 3.7 倍、酢酸ブチルが 7.0 倍であり、含量に大きな差がみられ、これら 2 つの指標の組み合わせが原料果実の選定基準として適当であると考えられた。毛じの抜け具合については、判別しづらく、客観性に欠けるため厳密な指標には向かないが、原料選定の目安としては利用が可能と考えられた。また、追熟中の果実では毛じの抜け具合を判別することが困難であることから、果皮色 b^* 値および果実硬度が客観的な原料果実の選定指標として最適であると判断された。

本試験では芳香成分のみを調査したが、本章第1節で述べたように、梅酒の食味にはその他の香気成分に加えて、プルナシンやシュウ酸などの苦み成分も関係することから、今後、これらの項目と関係する指標も検討する必要がある。なお、本試験で果皮色の黄色みや果実硬度が芳香成分含量の指標となることが示されたが、測定機器が高価であることから、現地における汎用性の高い指標とするには、これらの測定方法の簡便化および低コスト化が必要である。

第4章 携帯型振動硬度計によるウメ‘南高’果実の非破壊硬度測定と高品質梅酒製造への応用

緒言

ウメは生果を食しないことから、青果の収穫基準は主に、大きさ、毛じの抜け具合、果皮の色つやなどの外観品質で決められている。しかし、毛じの抜け具合および果皮の色つやはその変化が小さいことから、客観的な判断が難しく、個人差が問題点である。一方で、収穫後の軟化も早いことから、硬さも重要な品質項目である。

既報（大江ら，2007a）で筆者らは、果実硬度が急激に低下し始めた時点の果実はクエン酸含量が多く、そのような果実を用いた梅酒は褐色度，クエン酸含量，ポリフェノール含量および抗酸化能が大きく，機能性成分等の品質に優れた梅酒製造のための原料選定の指標となることを報告した。加えて，第3章3節では，高い芳香成分（総デカラクトン，酪酸エチルおよび酢酸ブチル）を有する梅酒製造のためのウメ‘南高’果実の熟度指標として，果実硬度および果皮色 b^* 値が利用できると述べた。しかし，これらの試験において果実硬度の測定に用いたレオメータは大型で持ち運びが容易でないため，実際の生産現場での利用範囲は限定される。

果実硬度の測定には様々な装置が用いられるが，非破壊で果実硬度を推定するための方法として，レーザー・ドップラー法による硬度測定技術が開発され，リンゴ（元村ら，2004），セイヨウナシ（Murayama ら，2006）など様々な果実で報告されてきた。さらに近年では，このレーザー・ドップラー法の原理を応用した小型の音響振動による硬度測定装置（携帯型振動硬度計）が開発され（Taniwaki and Sakurai，2010），アボカドの食べ頃予測（秋元ら，2011），セイヨウナシの追熟指標（知野ら，2009，2010），カキの収穫盛期予測（神田ら，2010），スライストマトの果肉硬度評価（中野ら，2008），ブドウ（Takahashi ら，2010），マンゴー（文室・櫻井，2011）およびニホンナシ（黒坂ら，2010）の硬度評価，プルーンの糖度および酸度の推定（大畑・櫻井，2011）等，多方面で熟度の判定法としての活用が報告されている。本装置は持ち運びが容易であることに加え，着果状態の果実の硬度を非破壊で経時的に測定することも可能である。果実の硬度測定については，古くから携帯型のバネ式の貫入式硬度計が用いられているが，精度が劣り測定した果実が商品価値を失う破壊法である。

そこで，これら2つの硬度測定法について，ウメ果実においてレオメータ値との関係を調査して適用性を評価するとともに，梅酒品質を高めるための原料果実の熟度指標としての実用性を調査した。

材料および方法

1. 各種の方法による発育中果実の硬度測定(試験1)

2010年に和歌山県うめ研究所に植栽されている‘南高’成木3樹について，主幹と樹冠

外周との中間より外側の果実（以下外層果実）と内側の果実（以下内層果実）の果実硬度の変化を調査した。調査果実は直射日光が当たらない部位のものとした。現行の収穫基準である色つや、毛じの抜け具合などの果実外観および完熟落果の状況をもとに、外層果実の青果収穫開始の直前の時期（5月31日）を判断し、外層果実の完熟落果開始期（6月19日）までの間、ほぼ3日ごとに7回果実を採取した。また、2011年に和歌山県みなべ町内の収穫時期が異なる3園（収穫時期の早い順にA～C園）に植栽された‘南高’成木（B園のみ3樹、その他は1樹）について、樹冠外層の果実を供試した。青果収穫開始直前から完熟落果開始期までの間、ほぼ3日ごとに5～7回果実を採取した。各年とも1回当たりの採取果数は30果程度とした。

採取した果実のうち10果は、レオメータ（COMPACT-100, サン科学）、貫入式硬度計（KM型, 藤原製作所）および携帯型振動硬度計（SP-β-1, 有限会社生物振動研究所）により果実の硬度および弾性指標を測定した。レオメータ値は第2章1節と同様、5mm円柱形プランジャーを装着して、 $1\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ の速度で1mm貫入する時の最大負荷（kg）を測定した。貫入式硬度計値については貫入する時の最大負荷（kg）を測定した。なお、筆者らの予備試験において、円柱形プランジャーの直径を2, 2.5, 3および3.5mmとしてウメ果実の硬度変化を測定したところ、各プランジャーともにレオメータ値との間には強い正の相関関係が認められたが、硬度変化がレオメータ値の変化により近かった直径3mmのプランジャーを本試験では用いた。携帯型振動硬度計による弾性指標は、縫合線を挟んで赤道部に加振部と受振部を当て、100～6000 Hzまでの正弦波振動を与えて共鳴周波数を測定した。測定結果の波形の位相角度から第2および第3共鳴周波数を求めた。弾性指標は第2共鳴周波数を f_2 (Hz)、第3共鳴周波数を f_3 (Hz)、横径（加振部と受振部を当てた部分の距離）を d (m)、果実重を m (kg)とし、 $Ed f_2 = f_2^2 \cdot d^2$ 、 $Ed f_3 = f_3^2 \cdot d^2$ 、 $Em f_2 = f_2^2 \cdot m^{2/3}$ および $Em f_3 = f_3^2 \cdot m^{2/3}$ の4つの弾性指標を算出した。2010年については、レオメータ値および弾性指標を測定した果実で貫入式硬度計値も測定した。樹ごとに外層および内層果実の硬度差を t 検定で調査するとともに、上記3方法での硬度および弾性指標の相関関係をピアソンの方法で調査した。2011年については、レオメータ値および弾性指標を測定した果実は梅酒に加工し、これとは別の8果で貫入式硬度計値を測定した。このため、相関関係はレオメータ値と弾性指標のみの関係を調査した。また、2010年はこれら調査とは別に、着果状態の果実の硬度を継続して携帯型振動硬度計で測定可能かを検討した。

2. 各種の方法で測定した果実硬度と梅酒の品質との関係(試験2)

2010年は青果収穫開始期の6月4日から完熟落果開始期の6月19日に、試験1で果実硬度を測定した際、各樹の着果位置別に別の約300gを梅酒に加工した。2011年は青果収穫開始期直前から完熟落果開始期に、試験1でレオメータ値および弾性指標を測定した果実10果と他の8果を6果ずつに分けて、3反復で梅酒に加工した。加工方法はウメ果実1kgに対して35%果実酒用アルコール（ホワイトリカー）1.8L、氷砂糖0.8kgの割合で、冷暗

所にて6か月間漬け込んだ。漬け込み終了後、既報（大江ら，2006，2007）と同様に，果実重減少率（ $\{（漬け込み前重量 - 漬け込み後重量） / 漬け込み前重量 \times 100\}$ ，歩留まり）を測定するとともに，第2章3節と同様に， $0.45 \mu\text{m}$ のフィルターでろ過し，梅酒の褐色度（450 nm 吸光度），クエン酸含量，ポリフェノール含量および抗酸化能を測定した。第2章1節と同様に，クエン酸含量はHPLCで，ポリフェノール含量はFolin-Ciocalteu法で，抗酸化能（フリーラジカル消去能）はDPPHを用いた比色法で測定した。これら梅酒品質と各種果実硬度および硬度指標との関係を調査した。

3. 各種の方法による追熟条件の異なる果実の硬度測定（試験3）

2011年6月22日に和歌山県うめ研究所で収穫した果実について，選果機により2L，3Lおよび4Lの大きさの果実を選別してそれぞれ出荷用段ボール箱に入れた。果実階級4Lおよび2Lは追熟温度 20°C で，果実階級3Lは追熟温度20，25および 30°C で追熟した（以下4L 20°C ，2L 20°C ，3L 20°C ，3L 25°C および3L 30°C と省略）。追熟日数は0～6日（3L 30°C のみ追熟6日目に腐敗果が発生したため0～5日）とし，各日とも各段ボール箱から10果を抜き出し，レオメータ値と弾性指標を試験1と同様に測定し，これら硬度値の相関関係を調査した。

結果

1. 各種の方法による発育中果実の硬度測定（試験1）

2010年の結果について，レオメータ値は6月10日頃から，貫入式硬度計値は6月7日頃から外層果実が内層果実よりも小さい傾向がみられた（第20表）。携帯型振動硬度計による弾性指標について，2010年は $Ed f_2$ は $Em f_2$ との間に $r = 0.991$ ($p < 0.0001$)の， $Ed f_3$ は $Em f_3$ との間に $r = 0.995$ ($p < 0.0001$)の強い正の相関関係が認められ（第18図），2011年は $Ed f_2$ は $Em f_2$ との間に $r = 0.995$ ($p < 0.0001$)の， $Ed f_3$ は $Em f_3$ との間に $r = 0.996$ ($p < 0.0001$)の強い正の相関関係が認められた（第19図）。よって，以下の発育中の果実における弾性指標は $Ed f_2$ または $Ed f_3$ で示す。 $Ed f_2$ ， $Ed f_3$ ともに，6月7日から低下する推移を示し，6月7日から外層果実が内層果実よりも小さい傾向がみられた。また， $Ed f_2$ ， $Ed f_3$ は非破壊かつ着果状態で果実硬度が低下する推移を測定することが可能であった。

着果位置および採取時期が異なる果実の果実硬度について，貫入式硬度計値はレオメータ値との間に $r = 0.693$ ($p < 0.0001$)の正の相関関係が認められた（第20図）。 $Ed f_2$ および $Ed f_3$ はレオメータ値との間にそれぞれ， $r = 0.816$ および 0.752 （ともに $p < 0.0001$ ）の強い正の相関関係が認められた。

2011年の結果について，レオメータ値，貫入式硬度計値，弾性指標 $Ed f_2$ ， $Ed f_3$ ともに，急激に低下し始める時期が認められた（第21図）。また，採取樹および採取時期が異なる果実の果実硬度について，弾性指標は $Ed f_2$ および $Ed f_3$ ともにレオメータ値との間にそれぞれ， $r = 0.939$ および 0.909 （ともに $p < 0.0001$ ）の強い正の相関関係が認められた（第22

図) .

2. 各種の方法で測定した果実硬度と梅酒の品質との関係 (試験 2)

2010 年の結果について、各樹の着果位置別に果実硬度と梅酒品質との関係を調査したところ、レオメータ値が急激に低下し始める時期 (0.08 kg/日以上) の果実を原料とした梅酒は、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能とも各樹の各着果位置それぞれの最高値の 64%以上で、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能については 82%以上であった (第 21 表) . 貫入式硬度計で果実硬度が急激に低下し始める時期を判断することは困難であったが、硬度計値が 2.2 kg を下回った時期の果実を用いた梅酒は、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が各樹の各着果位置それぞれの最高値の 89%以上であった. 弾性指標で果実硬度が急激に低下し始める時期を判断することは困難であったが、 $Ed f_2$ が 10,000 を下回った時期および $Ed f_3$ が 17,000 を下回った時期の果実を原料とした梅酒は、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が各樹の各着果位置それぞれの最高値の 81%以上であった. また、貫入式硬度計値が 2.2 kg を下回った時期、 $Ed f_2$ が 10,000 を下回った時期および $Ed f_3$ が 17,000 を下回った時期の果実を原料とした梅酒は、各樹の各着果位置それぞれのポリフェノール含量が最大となる時期かその前後であった.

2011 年の結果について、レオメータ値が急激に低下し始める時期の果実を原料とした梅酒は、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能とも各樹の最高値の 53%以上で、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能については 73%以上であった (第 22 表) . 貫入式硬度計値が 2.2 kg を下回った時期の果実を用いた梅酒は、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が各樹の各着果位置それぞれの最高値の 87%以上であった. $Ed f_2$ が 10,000 を下回った時期の果実を原料とした梅酒は、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が各樹の各着果位置それぞれの最高値の 80%以上であった. $Ed f_3$ が 17,000 を下回った時期の果実を原料とした梅酒は、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が各樹の各着果位置それぞれの最高値の 78%以上であった. また、貫入式硬度計値が 2.2 kg を下回った時期、 $Ed f_2$ が 10,000 を下回った時期および $Ed f_3$ が 17,000 を下回った時期の果実を原料とした梅酒は、各樹の各着果位置それぞれのポリフェノール含量が最大となる時期かその前後であった.

両年とも、原料果実のレオメータ値、貫入式硬度計値、 $Ed f_2$ および $Ed f_3$ は梅酒のクエン酸含量と強い負の相関関係が認められた (第 23 表) .

3. 各種の方法による追熟条件の異なる果実の硬度測定 (試験 3)

追熟条件の異なる果実における弾性指標について、 $Ed f_2$ は $Em f_2$ との間に $r = 0.999$ ($p < 0.0001$) の、 $Ed f_3$ は $Em f_3$ との間に $r = 0.999$ ($p < 0.0001$) の強い正の相関関係が認められ

た（第 23 図）．よって，以下の追熟中の果実における硬度指標についても発育中の果実と同様， $Ed f_2$ または $Ed f_3$ で示す． $Ed f_2$ ， $Ed f_3$ とも経日的に低下し，レオメータ値と同様に追熟中の軟化進行を示した（第 24 図）．しかし， $Ed f_2$ および $Ed f_3$ では追熟 2 日以後，3L30°C 区と他区との差が認められたがレオメータ値では差が認められなかった．追熟条件が異なる果実の硬度について，レオメータ値との間に $Ed f_2$ は $r = 0.909$ の， $Ed f_3$ は $r = 0.889$ （ともに $p < 0.0001$ ）の強い正の相関関係が認められた（第 25 図）．

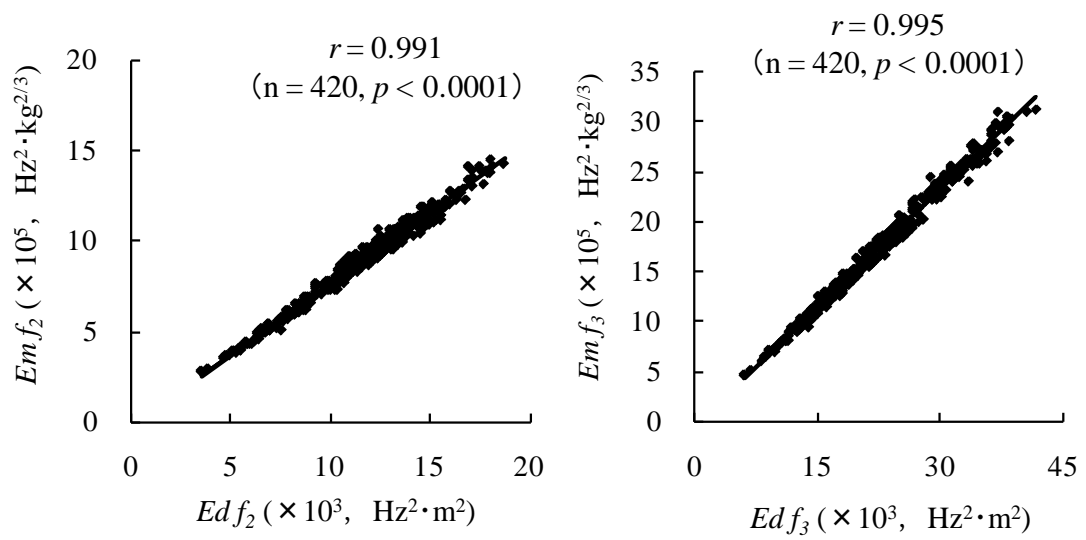
第20表 着果位置，採取時期が異なる果実の硬度および弾性指標の推移（2010年）

	樹No. ^z	着果位置 ^y	採取日（月／日）						
			5/31	6/4	6/7	6/10	6/13	6/16	6/19
レオメータ値 (kg)	No.1	外層	2.43	1.92	1.92	1.59	1.19	1.33	0.63
		内層	2.19	2.22	2.67	2.19	1.80	1.66	1.08
		有意性 ^x	NS	**	***	**	***	NS	***
	No.2	外層	2.63	2.09	2.16	1.88	1.42	1.41	0.63
		内層	2.29	2.32	1.82	2.24	2.27	1.63	1.20
		有意性	*	*	NS	**	***	NS	***
	No.3	外層	2.44	2.33	2.44	2.05	1.57	1.37	0.71
		内層	2.39	2.34	2.14	2.24	2.32	1.81	1.22
		有意性	NS	NS	NS	NS	***	**	***
貫入式硬度計値 (kg)	No.1	外層	4.34	3.95	3.29	3.03	2.61	1.91	1.88
		内層	4.14	4.19	3.67	3.22	2.98	1.93	2.04
		有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	No.2	外層	4.23	4.31	3.23	3.07	2.67	1.76	1.84
		内層	3.95	3.81	3.71	3.54	3.40	2.18	2.08
		有意性	NS	*	*	NS	**	**	NS
	No.3	外層	4.19	4.45	3.62	2.97	2.26	1.74	1.78
		内層	3.53	4.25	3.86	3.49	3.25	1.89	2.13
		有意性	*	NS	NS	*	***	*	NS
弾性指標 Edf_2 (Hz ² ・m ²)	No.1	外層	1.39	1.24	1.25	1.13	0.94	0.75	0.57
		内層	1.28	1.20	1.54	1.26	1.18	1.04	0.75
		有意性	*	NS	***	*	***	***	***
	No.2	外層	1.54	1.29	1.38	1.20	1.02	0.81	0.53
		内層	1.31	1.20	1.68	1.32	1.26	1.06	0.84
		有意性	**	NS	***	*	***	***	***
	No.3	外層	1.46	1.31	1.42	1.20	1.01	0.79	0.56
		内層	1.30	1.20	1.62	1.27	1.26	1.07	0.79
		有意性	*	NS	**	NS	***	***	***
弾性指標 Edf_3 (Hz ² ・m ²)	No.1	外層	2.83	2.19	2.31	2.01	1.57	1.35	1.06
		内層	2.74	2.31	3.08	2.20	2.08	1.67	1.34
		有意性	NS	NS	**	NS	***	***	***
	No.2	外層	3.36	2.57	2.62	2.11	1.76	1.47	0.98
		内層	2.87	2.47	3.62	2.52	2.31	1.74	1.44
		有意性	*	NS	***	*	**	**	***
	No.3	外層	2.87	2.24	2.68	2.12	1.73	1.44	1.01
		内層	2.79	2.35	3.40	2.29	2.48	1.73	1.37
		有意性	NS	NS	**	NS	**	***	***

^z果実は1園の3樹（No.1～3）の外層および内層より採取

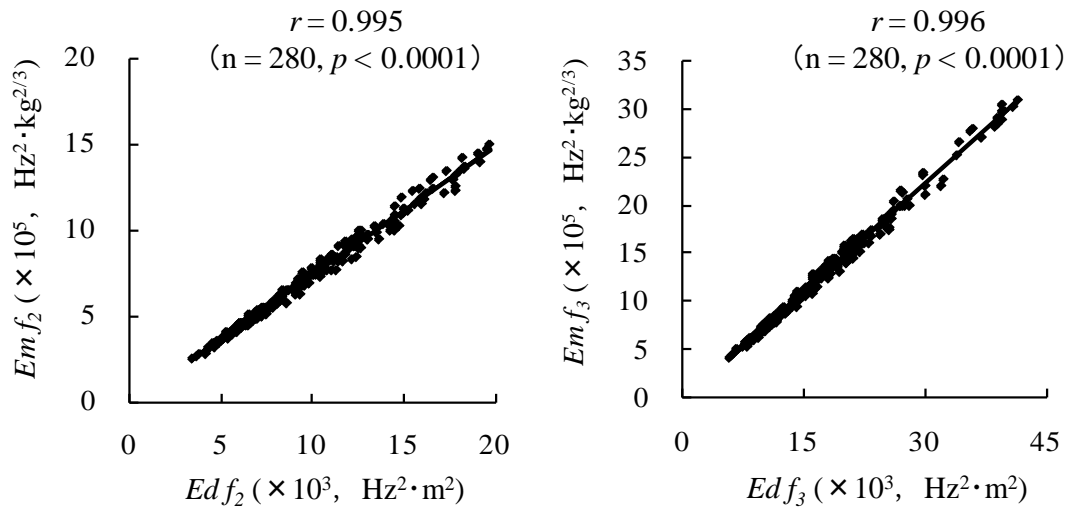
^y主幹と樹冠外周との中間より外側を外層，内側を内層とした

^x*, **, ***はt検定によって5%，1%または0.1%水準で有意差あり，NSは有意差なし（n=10）



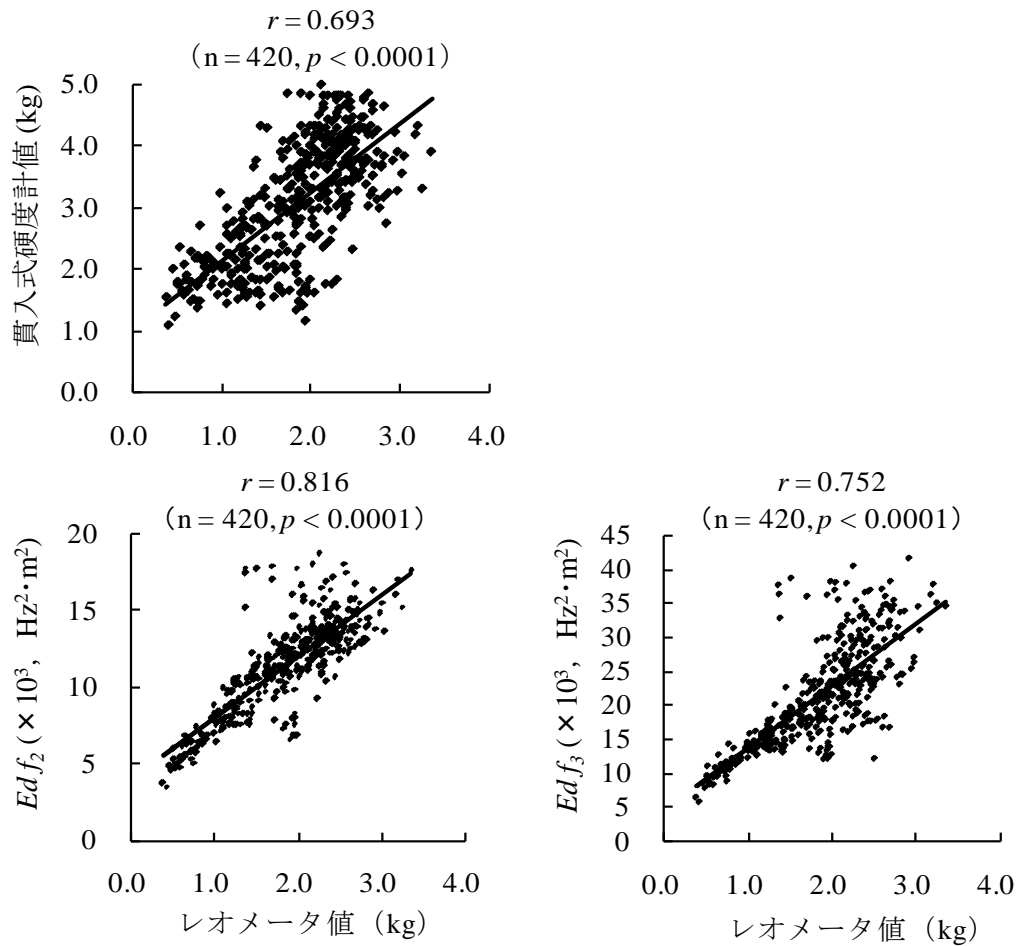
第 18 図 着果位置，採取時期が異なる果実における各弾性指標の関係
(採取直後の果実，2010年)

詳細は第 20 表参照



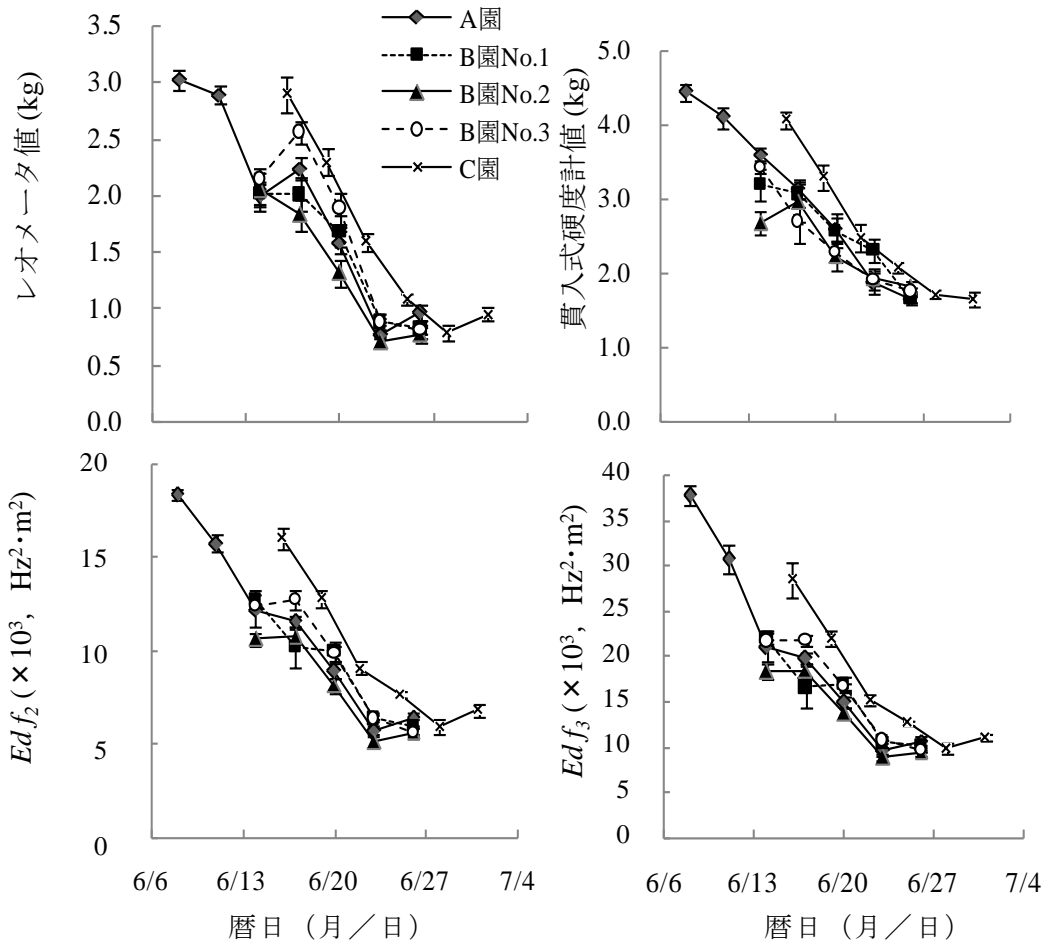
第 19 図 採取樹，採取時期の異なる果実における各弾性指標の関係
(採取直後の果実，2011 年)

3 園の 5 樹 (B 園のみ No.1~3 の 3 樹) より果実を採取



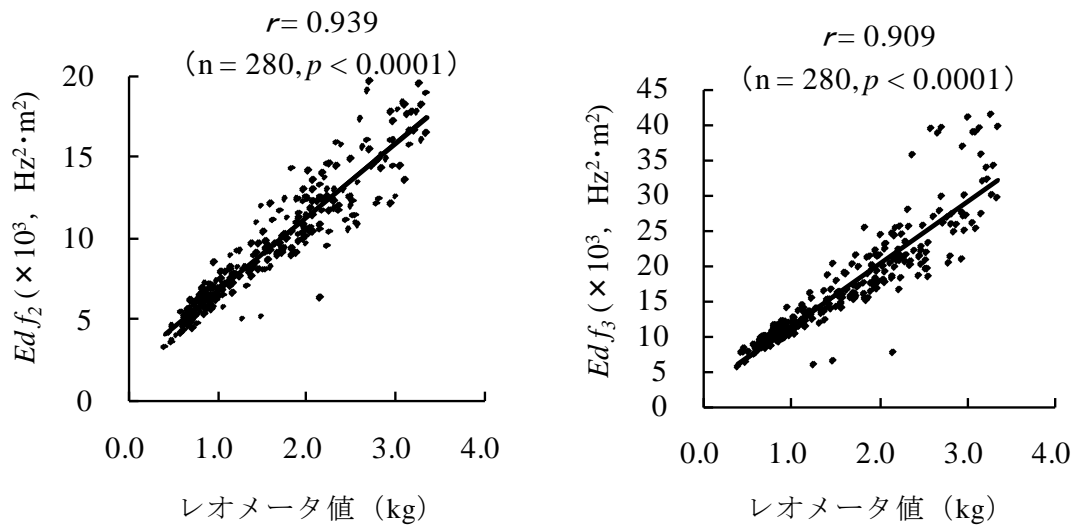
第 20 図 着果位置，採取時期が異なる果実におけるレオメータ値と貫入式硬度計値および弾性指標の関係（採取直後の果実，2010 年）

詳細は第 20 表参照



第 21 図 採取樹および採取時期の異なる果実の硬度および弾性指標の推移 (2011 年)

3 園の 5 樹 (B 園のみ No.1~3 の 3 樹) より果実を採取
 携帯型振動硬度計値およびレオメータ値は同じ果実で測定し,
 これとは別の果実で貫入硬度計値を測定
 バーは標準誤差を示す (貫入式硬度計は $n = 8$, その他は $n = 10$)



第 22 図 採取樹，採取時期の異なる果実におけるレオメータ値と弾性指標の関係（採取直後の果実，2011 年）

詳細は第 21 図参照

第21表 果実採取樹，着果位置および採取時期の違いと果実硬度，弾性指標および梅酒品質（2010年）

採取日 (月/日)	レオ		貫入式		弾性指標		機能性成分含量			
	メータ値 (kg)	硬度計値 (kg)	Edf_2 (Hz ² ·m ²)	Edf_3 (Hz ² ·m ²)	褐色度 (吸光度450nm)	果実重 減少率(%)	クエン酸 (g·100 mL ⁻¹)	ポリフェノール (mgCE·100 mL ⁻¹) ^z	抗酸化能 (μmolTE·100 mL ⁻¹) ^z	
外層 No.1	6/4 1.92	3.95	12438	21917	0.124 (63)	45 (92)	0.77 (79)	52 (99)	76 (87)	
	6/7 1.92	3.29	12526	23078	0.108 (55)	33 (68)	0.86 (88)	48 (92)	73 (83)	
	6/10 1.59 ※ ^x	3.03	11327	20053	0.154 (78)	41 (85)	0.88 (90)	49 (94)	80 (91)	
	6/13 1.19	2.61	9366 ※	15696 ※	0.160 (81)	41 (85)	0.87 (89)	48 (92)	81 (93)	
	6/16 1.33	1.91 ※	7452	13533	0.197 (100)	48 (100)	0.96 (98)	52 (100)	88 (100)	
	6/19 0.63	1.88	5741	10615	0.188 (95)	46 (94)	0.98 (100)	48 (92)	85 (97)	
外層 No.2	6/4 2.09	4.31	12922	25652	0.109 (53)	47 (95)	0.78 (78)	47 (93)	75 (88)	
	6/7 2.16	3.23	13848	26186	0.084 (41)	47 (97)	0.68 (68)	44 (86)	67 (79)	
	6/10 1.88 ※	3.07	11994	21094	0.145 (71)	45 (92)	0.82 (83)	46 (91)	78 (92)	
	6/13 1.42	2.67	10199	17627	0.179 (87)	37 (76)	0.93 (93)	49 (97)	85 (100)	
	6/16 1.41	1.76 ※	8082 ※	14663 ※	0.205 (100)	49 (100)	1.00 (100)	51 (100)	84 (99)	
	6/19 0.63	1.84	5335	9773	0.181 (88)	48 (98)	0.99 (99)	44 (86)	77 (91)	
外層 No.3	6/4 2.33	4.45	13069	22406	0.110 (54)	50 (87)	0.76 (80)	47 (98)	78 (91)	
	6/7 2.44	3.62	14241	26832	0.103 (51)	48 (83)	0.74 (78)	45 (92)	72 (84)	
	6/10 2.05 ※	2.97	11983	21240	0.130 (64)	42 (72)	0.78 (82)	47 (97)	76 (89)	
	6/13 1.57	2.26	10076	17294	0.167 (82)	44 (76)	0.92 (97)	48 (99)	81 (95)	
	6/16 1.37	1.74 ※	7914 ※	14399 ※	0.203 (100)	51 (89)	0.92 (97)	48 (100)	86 (100)	
	6/19 0.71	1.78	5560	10130	0.190 (94)	58 (100)	0.95 (100)	48 (98)	85 (99)	
内層 No.1	6/4 2.22	4.19	11962	23123	0.059 (33)	40 (78)	0.67 (74)	46 (87)	61 (67)	
	6/7 2.67	3.67	15365	30787	0.134 (76)	36 (71)	0.91 (100)	51 (96)	74 (81)	
	6/10 2.19 ※	3.22	12582	21958	0.116 (66)	41 (80)	0.77 (84)	49 (91)	78 (85)	
	6/13 1.80	2.98	11794	20755	0.147 (83)	42 (83)	0.81 (89)	53 (99)	83 (91)	
	6/16 1.66	1.93 ※	10372	16700 ※	0.177 (100)	51 (100)	0.85 (94)	54 (100)	92 (100)	
	6/19 1.08	2.04	7506 ※	13371	0.174 (98)	47 (93)	0.86 (95)	47 (88)	80 (88)	
内層 No.2	6/4 2.32	3.81	12026	24692	0.062 (33)	34 (67)	0.70 (82)	50 (87)	67 (65)	
	6/7 1.82	3.71	16761	36227	0.089 (47)	39 (77)	0.73 (86)	51 (87)	73 (71)	
	6/10 2.24	3.54	13156	25227	0.115 (61)	37 (74)	0.78 (91)	52 (90)	80 (78)	
	6/13 2.27	3.40	12587	23117	0.153 (81)	42 (83)	0.81 (95)	55 (94)	92 (90)	
	6/16 1.63 ※	2.18 ※	10650	17355	0.180 (95)	49 (98)	0.85 (100)	55 (95)	98 (96)	
	6/19 1.20	2.08	8425 ※	14442 ※	0.189 (100)	50 (100)	0.85 (100)	58 (100)	103 (100)	
内層 No.3	6/4 2.34	4.25	11980	23496	0.060 (37)	53 (100)	0.60 (73)	46 (88)	68 (71)	
	6/7 2.14	3.86	16154	33995	0.114 (70)	35 (67)	0.73 (89)	49 (93)	80 (84)	
	6/10 2.24	3.49	12705	22872	0.099 (60)	38 (73)	0.73 (89)	46 (87)	73 (77)	
	6/13 2.32	3.25	12603	24820	0.157 (96)	43 (82)	0.81 (99)	52 (99)	85 (90)	
	6/16 1.81 ※	1.89 ※	10748	17274	0.153 (93)	53 (100)	0.81 (99)	53 (100)	95 (100)	
	6/19 1.22	2.13	7886 ※	13748 ※	0.164 (100)	49 (93)	0.82 (100)	49 (92)	89 (93)	

^zCEはクロロゲン酸相当量，TEはα-トルコフェロール相当量を示す

^y0内は各樹の各着果位置でのスレージ中の最大値に対する割合

^x各硬度測定値の※はレオメータ値が急激に（0.08 kg/日）低下し始める時期，貫入式硬度計値が2.2 kgを下回る時期，

Edf_2 が10,000を下回る時期および Edf_3 が17,000を下回る時期を示す

第22表 果実採取樹および採取時期の違いと果実硬度、弾性指標および梅酒品質 (2011年)

採取日 (月/日)	レオ		貫入式		弾性指標		果実重量 減少率(%)	機能性成分含量			抗酸化能 ($\mu\text{mol TE} \cdot 100 \text{ mL}^{-1} \cdot \text{y}$)	
	メータ値 (kg)	硬度計値 (kg)	Edf_1 ($\text{Hz}^2 \cdot \text{m}^2$)	Edf_2 ($\text{Hz}^2 \cdot \text{m}^2$)	Edf_3 ($\text{Hz}^2 \cdot \text{m}^2$)	褐色度 (吸光度450 nm)		クエン酸 ($\text{g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$)	ポリフェノール ($\text{mg CE} \cdot 100 \text{ mL}^{-1} \cdot \text{y}$)	果実重量 減少率(%)		
A園												
6/8	3.03	4.44	18355	37844	0.062 (46) ^y	0.59 (60)	33 (55)	45 (94)	72 (82)			
6/11	2.89	4.09	15731	30809	0.102 (75)	0.68 (69)	38 (64)	48 (100)	79 (90)			
6/14	2.00 ※ ^x	3.60	12195	21161	0.096 (70)	0.86 (87)	31 (53)	48 (99)	78 (90)			
6/17	2.24	3.14	11549	19873	0.134 (98)	0.95 (96)	43 (73)	48 (100)	87 (100)			
6/20	1.59	2.61	8956 ※	15065 ※	0.136 (100)	0.95 (96)	47 (80)	48 (99)	88 (100)			
6/23	0.78	1.88 ※	5753	9792	0.137 (100)	0.96 (97)	54 (91)	42 (88)	81 (92)			
6/26	0.97	1.66	6396	10795	0.132 (96)	0.99 (100)	59 (100)	41 (85)	80 (91)			
B園No.1												
6/14	2.01	3.19	12785	22110	0.104 (71)	0.84 (74)	30 (57)	45 (96)	80 (90)			
6/17	2.01	3.07	10262	16684 ※	0.144 (98)	0.88 (78)	44 (85)	47 (100)	88 (99)			
6/20	1.69 ※	2.58	10007	16984	0.144 (98)	0.89 (79)	46 (88)	46 (98)	89 (100)			
6/23	0.88	2.32	6397 ※	10654	0.139 (94)	1.07 (95)	48 (92)	39 (84)	77 (86)			
6/26	0.83	1.66 ※	5988	10256	0.147 (100)	1.13 (100)	52 (100)	40 (87)	82 (93)			
B園No.2												
6/14	2.05	2.67	10637	18490	0.135 (100)	0.83 (80)	46 (80)	42 (97)	73 (89)			
6/17	1.83	2.96	10814	18569	0.121 (90)	0.90 (88)	47 (81)	43 (100)	82 (100)			
6/20	1.32 ※	2.23	8187 ※	13839 ※	0.131 (97)	0.93 (90)	52 (90)	40 (93)	80 (97)			
6/23	0.72	1.93 ※	5194	8969	0.118 (87)	0.95 (92)	57 (100)	39 (89)	71 (86)			
6/26	0.78	1.82	5669	9572	0.113 (84)	1.03 (100)	52 (90)	37 (86)	69 (84)			
B園No.3												
6/14	2.15	3.43	12451	21746	0.076 (59)	0.77 (75)	32 (67)	41 (95)	69 (85)			
6/17	2.56	2.70	12749	21911	0.100 (78)	0.81 (79)	45 (96)	43 (100)	81 (100)			
6/20	1.89 ※	2.28	9864 ※	16787 ※	0.113 (88)	0.86 (84)	46 (97)	40 (95)	80 (98)			
6/23	0.89	1.92 ※	6425	10868	0.129 (100)	1.03 (100)	47 (100)	38 (90)	75 (92)			
6/26	0.82	1.75	5695	9822	0.122 (95)	1.00 (97)	47 (100)	37 (86)	71 (87)			
C園												
6/16	2.90	4.07	16051	28574	0.088 (56)	0.89 (78)	31 (55)	44 (89)	77 (82)			
6/19	2.29 ※	3.31	12820	22047	0.117 (73)	0.85 (75)	41 (74)	47 (96)	89 (96)			
6/22	1.60	2.48	9115 ※	15289 ※	0.146 (92)	0.92 (81)	51 (91)	49 (100)	93 (100)			
6/25	1.10	2.08 ※	7701	12805	0.149 (94)	1.07 (94)	50 (90)	47 (96)	92 (99)			
6/28	0.80	1.72	6011	10009	0.159 (100)	1.14 (100)	51 (91)	45 (93)	88 (95)			
7/1	0.96	1.65	6880	11219	0.138 (87)	1.14 (100)	56 (100)	42 (87)	82 (88)			

^yCEはクロロゲン酸相当量, TEは α -トロコフェロール相当量を示す

^z()内は各樹のステージ中の最大値に対する割合

^x各硬度測定値の※はレオメータ値が急激に (0.08 kg/日) 低下し始める時期, 貫入式硬度計値が2.2 kgを下回る時期,

Edf_2 が10,000を下回る時期および Edf_3 が17,000を下回る時期を示す

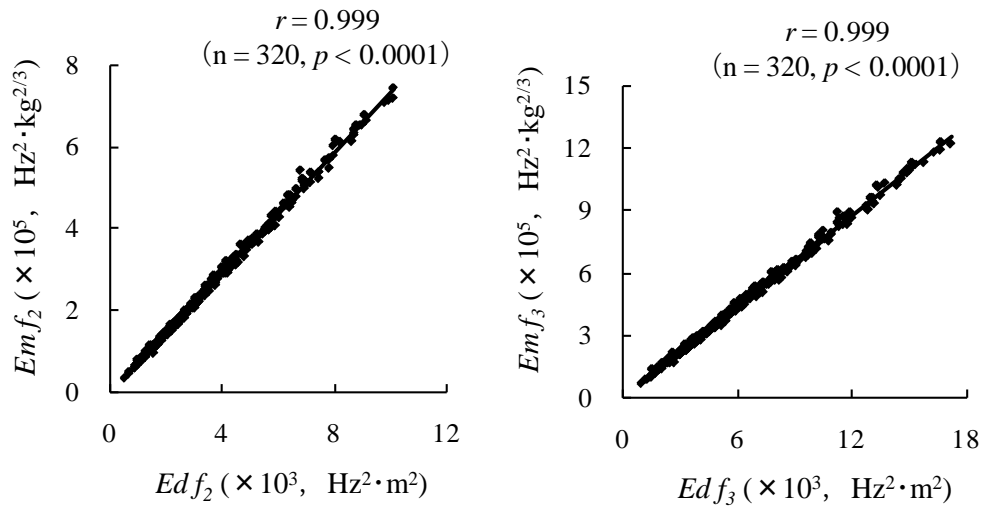
第 23 表 果実硬度および弾性指標と梅酒中クエン酸含量との相関係数

	2010年 ^z	2011年
レオメータ値(kg)	-0.727 *** ^y	-0.848 ***
貫入式硬度計値(kg)	-0.770 ***	-0.831 ***
弾性指標 Edf_2 (Hz ² ・m ²)	-0.697 ***	-0.850 ***
弾性指標 Edf_3 (Hz ² ・m ²)	-0.677 ***	-0.864 ***

^z2010年は1園の3樹の外層および内層より，2011年は3園の5樹より，
発育ステージの異なる果実を採取

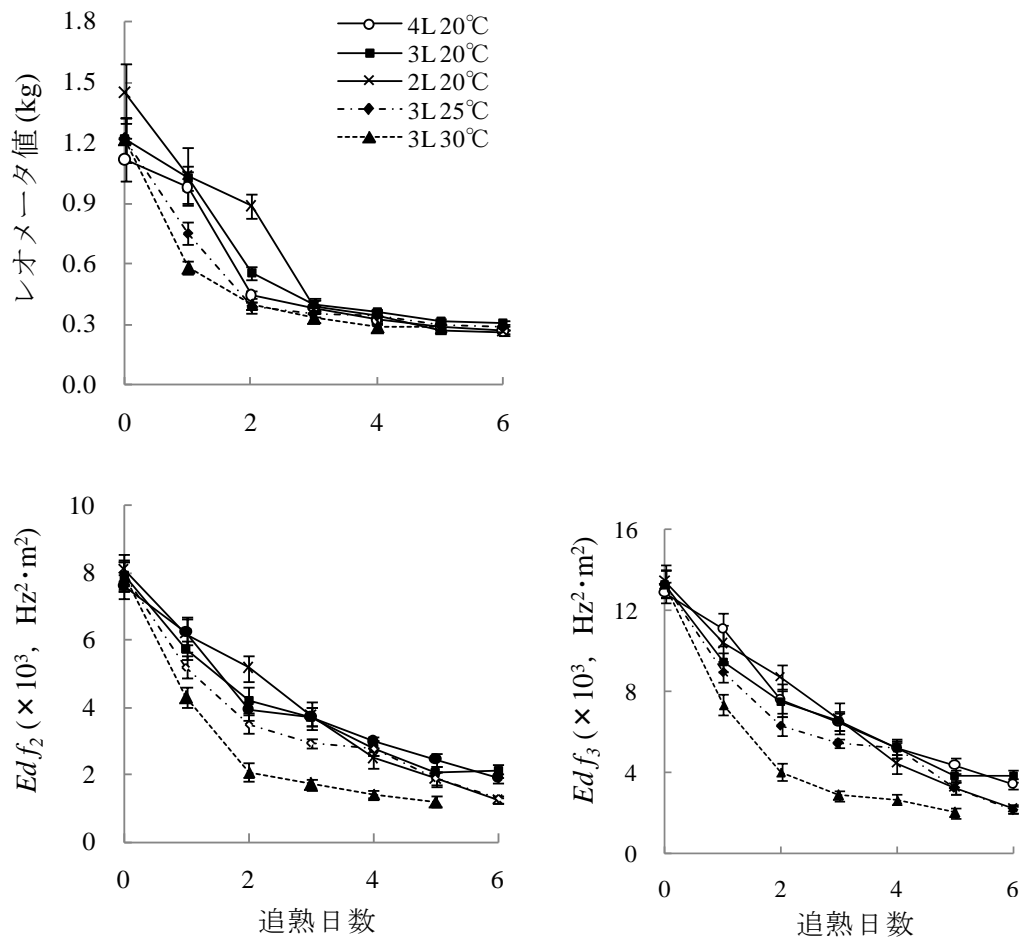
2010年はn = 36，2011年はn = 28

^y***は0.1%水準で有意であることを示す



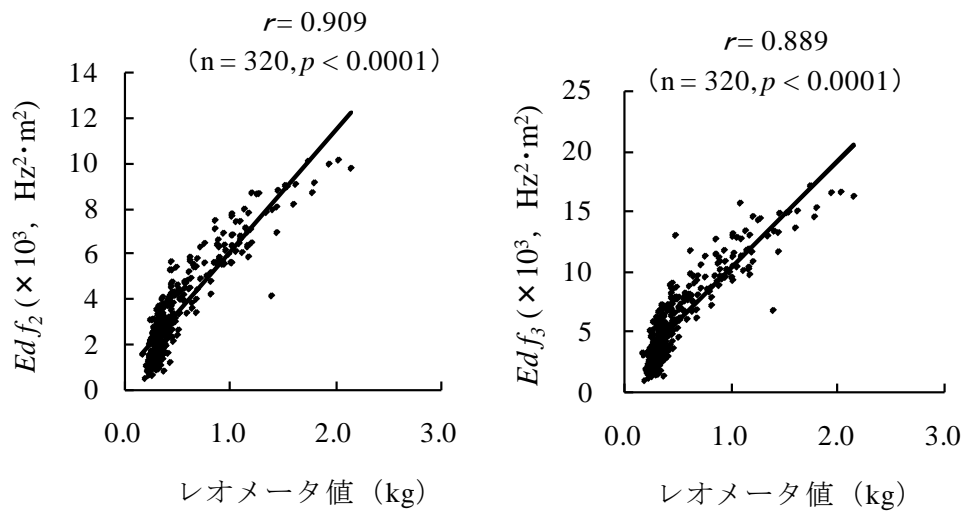
第 23 図 追熟条件の異なる果実における各弾性指標の関係（2011 年）

果実階級 4L および 2L は追熟温度 20°C で、果実階級 3L は追熟温度 20, 25 および 30°C で追熟し、それぞれ 4L20°C, 3L20°C, 2L20°C, 3L25°C, 3L30°C とした追熟日数は 0~6 日（3L30°C は腐敗果発生のため 0~5 日）



第 24 図 追熟条件の異なる果実の硬度および弾性指標の推移(2011年)

詳細は第 23 図参照
 バーは標準誤差を示す (n = 10)



第 25 図 追熟条件の異なる果実におけるレオメータ値と弾性指標の関係 (2011 年)

詳細は第 23 図参照

考察

筆者らは、レオメータによる果実硬度が急激に低下し始める時期が、果実や加工した梅酒に機能性成分が多く含まれる時期の指標となることを明らかにした（大江ら，2007a）。また，第3章3節では梅酒中の芳香成分含量が原料果実のレオメータ値との間に強い相関関係が認められ，レオメータ値が0.98 kgより大きい果実を排除することで芳香成分が多い梅酒を製造できることを明らかにした。このように果実硬度は梅酒の機能性成分や芳香成分の含量を高めるための原料選定の指標となることが示されたが，現地における汎用性の高い指標とするには，硬度の測定方法の改良が必要である。

レオメータ以外の装置でウメの果実硬度を測定した事例としては，恩田ら（1995）が近赤外分光法により，Chumaら（1982）が *delayed light emission* により非破壊で硬度を推定できるとする報告があるが実用化には至っていない。非破壊での硬度測定については，近年，小型の音響振動硬度計（携帯型振動硬度計）が開発され，その熟度推定に関する報告が多くなされているが，ウメについての報告はみあたらない。

そこで，携帯型振動硬度計で果実発育中や収穫後の弾性指標の変化を測定し，レオメータ値と比較するとともに，弾性指標と梅酒品質との関係についても調査した。また，発育中の果実の硬度変化については，より簡易な貫入式硬度計を用いた測定法についても実用性を検討した。

円柱形プランジャー直径3 mmの貫入式硬度計での測定により，レオメータ値とは少し異なるものの，樹および採取時期の違いによる硬度差や同じ樹の着果位置の違いによる硬度差をある程度判断することができた。しかし，携帯型振動硬度計と比べてレオメータ値との相関関係が弱かった。よって，レオメータの代用としては，貫入式硬度計はやや精度の劣る測定法と考えられた。また，追熟中の果実は柔らかいため高い精度での測定が困難であり，生産現場での硬度の目安に限定されると判断された。

携帯型振動硬度計での測定について，ウメ果実は種子が占める割合が大きく，青果収穫終期までは楕円形であるため，他の果実と同じ弾性指標の算出式を用いることができるかどうか不明であった。そこで，第2共鳴周波数または第3共鳴周波数に果実横径または果実重を組み合わせた4つの算出式で最適な測定方法も検討した。その結果，弾性指標の算出には，生育中の果実，追熟中の果実ともに，直径または果実重のどちらを用いても大差なく，貫入式硬度計と同様に，各弾性指標とも硬度差を検出することができた。また，レオメータとの相関関係が貫入式硬度計と比べて強く，より高い精度で硬度を測定可能と判断された。なお， Edf_3 よりも Edf_2 を用いるほうがレオメータ値との相関関係が強いため，レオメータの代用としては Edf_2 を用いるのがよいと判断された。携帯型振動硬度計では，着果状態のウメ果実でも硬度指標の測定が可能であり，加えて非破壊測定のため同じ果実の硬度変化を測定できることから，果実による硬度のバラツキに影響を受けにくい測定方法であるとも考えられる。

次に，本試験において，機能性成分の多い梅酒を製造するための指標について調査した

ところ、レオメータでの測定時にみられる果実硬度が急激に低下する時期を、携帯型振動硬度計や貫入式硬度計により明確に判断できなかった。しかし、弾性指標 $Ed f_2$, $Ed f_3$ および貫入式硬度計値はレオメータ値と同様に梅酒中のクエン酸含量と負の相関関係が強く、梅酒中のクエン酸含量の目安になると判断された。また、 $Ed f_2$ が 10,000 または $Ed f_3$ が 17,000 を下回った時期の果実もしくはプランジャー直径 3 mm の貫入式硬度計で 2.2 kg を下回った時期の果実を用いた梅酒は機能性成分含量が多く、原料選定指標として利用できると判断された。既報（大江ら，2007a）で、梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能が最大となる時期は、レオメータ値が急激に低下し始める時期またはその前後 5 日の時期であることを報告した。本試験でも梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能が最大となる時期は、レオメータ値が急激に低下し始める時期またはその前後 6 日以内の時期であり、既報とほぼ一致した。一方、本試験で $Ed f_2$ が 10,000 または $Ed f_3$ が 17,000 を下回った時期の果実もしくは貫入式硬度計で 2.2 kg を下回った時期は、梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能が最大となる時期またはその前後 3 日の時期と一致した。よって、機能性成分を高めるための梅酒原料の選定指標としてはレオメータ値よりも精度良く判定できる可能性が示唆され、今後さらに多くの園地での調査が必要である。

一方、筆者らは第 3 章 3 節において、‘南高’果実を用いて製造した梅酒の総デカラクトン（ γ -デカラクトンと δ -デカラクトンの合計），酪酸エチルおよび酢酸ブチルの各芳香成分含量とも、原料果実の果実硬度との間には強い相関関係が認められ、原料果実の硬度が 0.98 kg より大きい梅酒は、各芳香成分含量がほぼ $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満であり、梅酒の芳香成分含量の指標として果実硬度が利用できることを明らかにした。本試験では梅酒の芳香成分を調査していないが、携帯型振動硬度計値は $Ed f_2$, $Ed f_3$ とともに、果実発育中および追熟中のどちらもレオメータ値との間に強い正の相関関係が認められたことから、芳香成分の多い梅酒製造のための原料選定指標として利用できることが示唆された。本試験で発育中の果実について、 $Ed f_2$ とレオメータ値との間には $y = 4525x + 2306$ （ y は $Ed f_2$, x はレオメータ値）の関係式が得られ、レオメータ値が 0.98 kg の時には、 $Ed f_2$ が 6,741 となる。よって、この数値が芳香成分が多い梅酒を製造するための収穫指標となると考えられることから、今後、実際に $Ed f_2$ の測定値が梅酒の芳香成分を高める指標となるか検討が必要である。

総合考察

ウメは生果で食されないため、他の果実のように、糖、酸の含量や食味で評価されない。そのため、内容成分や食味成分の向上のための栽培管理および熟度管理方法の検討はほとんど行われてこなかった。一方で、消費者の機能性への関心が高まっており、梅酒の消費の伸びとともにその品質についても関心が高まっている。よって、ウメ果実やその加工品における機能性に関するデータの蓄積と、品質向上がさらなる消費拡大に重要であると思われる。しかし、‘南高’を用いた梅酒についての報告は少なく、熟度や栽培環境との関係を詳細に調査した事例は見あたらないのが現状である。このような背景から、本研究では機能性成分と香り成分に優れた梅酒製造のため、これらが高めるためのウメ‘南高’果実の栽培および熟度管理技術について明らかにしようとした。また、果実の機能性成分が高まる栽培要因についても明らかにしようとした。

光環境がウメ果実の紅色着色および機能性成分に与える影響

‘南高’は、陽が当たると部分的に紅色を帯びる特徴をもつ。紅色着色に紫外光が関係することが、オウトウ (Arakawa, 1993; Kataoka ら, 1996), モモ (Kataoka and Beppu, 2004), リンゴ (Arakawa, 1988; 荒川, 2000; 久保ら, 1988), ブドウ (Kataoka ら, 2003) 等で報告されているが、これまでウメについて紅色着色のメカニズムに関する研究はほとんど行われていなかった。第2章1節で、樹上の果実をUVカットフィルムで果実を覆うと紅色着色せず、紫外光(ピーク波長 306 nm)を照射すると紅色着色したことから、上記品目と同様、紫外光が紅色着色に重要な働きをすることが明らかとなった。さらに、本研究の後、筆者らは収穫後の果実に対する紅色着色方法を見いだそうと取り組んだ(大江ら, 2012)。ところが、収穫後の果実については紫外光のみの照射では十分に紅色着色しなかったことから、リンゴ(荒川, 2000)におけるUV-Bと赤色光の同時照射で紅色着色が強まるとの知見を参考に、紫外光と可視光の同時照射のウメに対する効果を検討した。その結果、紫外光と赤色光の同時照射で紅色着色が強まり、リンゴと同様に赤色光が紅色着色に重要な働きをすることが示された。

光と機能性成分の関係について、レモンおよびリンゴで果皮の抗酸化能は光により高まることが報告されている(Kondo ら, 2003)。ウメについても紅色を帯びる陽光果はポリフェノール含量や抗酸化能が高いと期待できることから、第2章1節でウメ‘南高’果実の果実表面の紅色着色と品質成分および抗酸化能との関係を調査した。すると、果実表面の25%以上鮮明に紅色を帯びた果実は、紅色を帯びていない果実に比べて果皮を含む果肉のクエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が大きいことが明らかとなった。ポリフェノールおよび抗酸化能が高まった要因については、有害な紫外光から組織を保護する能力をもつことが知られているヒドロキシ桂皮酸類が‘南高’の主なポリフェノール成分である(尾崎, 2009)ことから、紫外光によってヒドロキシ桂皮酸類の含量が高まっていると推測される。クエン酸含量が高まった要因については、果実自体に光合成能力があ

ることは知られており（松井，1989），果実に日光が当たることで炭水化物含量が増加したためと考えられ，その増加には，収穫前に4週間より長期の日光が必要と判断された．さらに，収穫後果実へのUV-Bの照射がリンゴ果実のポリフェノール含量を高めることや（Lancasterら，2000），UV-Cの照射がイチゴ果実のポリフェノール含量および抗酸化能を高めること（Erkan，2008）が報告されていることから，収穫後のウメ果実への紫外光または赤色光との同時照射がポリフェノール含量および抗酸化能に及ぼす影響を調査したが，明確な効果は見られなかった．光の強度や波長の検討が今後の検討課題である．

従来から，果実表面の30%以上鮮明に紅色着色した果実は，通称「紅南高」として外観の美しさから通常の果実の2~3倍程度で取引されており，本試験で機能性成分にも優れることが明らかになったことで，高付加価値果実としての安定的な評価につながると考えられる．本研究の後，「紅南高」を用いた梅酒および糖抽出液についてもクエン酸含量，ポリフェノール含量および抗酸化能が高いことも確認されている．

次に，生産者の収益性向上のために紅色着色を促進させる有効な生産技術を見いだそうと，他の果樹で取り入れられている光環境改善技術のウメでの効果を検討した．その結果，果実周辺の枝葉を切除して3週間程度日光を当てると，紅色着色，ポリフェノール含量および抗酸化能が増加することが明らかとなり，人為的に「紅南高」を作出できる可能性を見いだした．一方で，樹冠外周部に反射マルチを敷設して40日間反射光を当てても鮮明には着色せず，アントシアニン発現には反射光の光強度では不十分であったことから，反射マルチ敷設により紅色着色が促進されるモモやオウトウ（杉浦，2010）等よりもウメ‘南高’は強い光を必要とすることも明らかとなった．このような知見をもとに，竹中ら（2009）は果実に効率的に直射光を当てる方法を検討し，摘心と摘葉の併用処理により紅色着色果実の生産効率を高める技術を開発し，和歌山県の生産現場でも実用技術として活用され，導入面積が増えている．また，竹中ら（2010）は紅色着色果実の生産効率を高める整枝法も見いだしている．「紅南高」については，高付加価値果実としてだけでなく，近年，高付加価値梅酒の原料としても利用されるようになってきており，今後も需要が見込めることから，「紅南高」の増産技術は収益性向上につながると考えられる．

着果位置の違いがウメ果実および梅酒の品質に与える影響

ウメの収穫時期については，内容成分に基づくような明確な基準はなく，和歌山県の主産地では果実表面の毛じの抜け具合や色つやといった外観を見た目で評価して収穫している．このような評価指標をもとに，樹冠内層の果実の収穫開始時期を樹冠外層の果実よりも7日程度遅らせている（谷口，1998）．第2章2節で収穫開始の1つの指標である毛じの抜け具合が30%以上となった時期が内層の果実では外層の果実よりも平均7日遅かったことから，現行の収穫方法が適当であることが再確認された．ウメ果実の発育は，果実温度が高いほど早まるとされていることから（Suzukiら，1995），着果位置別に表面温度を調査したところ，樹冠外層は内層に比べて果実の表面温度が1日を通して高いことが示さ

れた。このような継続的な果実温度の上昇が、果実の肥大や成熟時期の違いに影響していることが推察される。

次に、7日程度収穫時期を遅らせることの内層果実の品質に対する効果を調べたところ、果実重、果皮色（明るさ、黄色み）および果実硬度は、樹冠の内層と外層の青果収穫開始期に採取した果実間に差がなく、収穫時期を遅らせる有効性が認められた。また、果肉のクエン酸、ソルビトールおよび β -カロテン含量も同様に、樹冠の内層と外層の青果収穫開始期に採取した果実間で差がなく、これら成分面でも収穫時期を遅らせる有効性が認められた。さらに、第2章3節で樹冠内層および樹冠外層の青果収穫開始期に収穫した果実を用いた梅酒で比較した場合にもクエン酸やソルビトール含量に差がなく、収穫時期を遅らせる有効性が認められた。食味成分について第3章2節で調査したところ、苦みを示すプルナシンと第3章1節で青っぽい香気成分と判断された安息香酸エチルの含量は、原料果実の収穫時期が遅いほど少なくなる傾向を示し、樹冠内層および樹冠外層の青果収穫開始期に収穫した果実を用いた梅酒で比較すると差がなく、これら不快味を同程度にまで低減できた。このように果肉の機能性成分、加工した梅酒の機能性成分および食味成分の面からも、樹冠内層の果実の収穫開始時期を樹冠外層の果実よりも7日程度遅らせている現行の収穫方法が有効であると判断された。しかし、樹冠内層の果実やそれを加工した梅酒は熟度を進めて採取した外層のものにまでこれら機能性成分が達しないと判断された。

ポリフェノール含量および抗酸化能については、果肉では果実発育が進むにつれて減少する傾向があり、収穫を7日程度遅らせることで、むしろ果肉のポリフェノール含量や抗酸化能を減少させてしまうことが示された。一方、梅酒に加工した場合には、ポリフェノール含量および抗酸化能は、樹冠内層の果実では原料果実の収穫時期が遅いほど多くなる傾向を示し、樹冠内層および樹冠外層の青果収穫開始期に収穫した果実を用いた梅酒で比較すると、内層の果実を用いた梅酒で優れる傾向であった。三谷・矢野（2006）は種に多くのポリフェノールが存在し、熟度進行とともに増加することを報告していることから、このような現象には種のポリフェノールの増加が関与していることが示唆される。近年、梅酢由来のポリフェノールの機能が多く見いだされてきており（三谷，2010；三谷・矢野，2006），その中には種由来のポリフェノールも含まれていると考えられることから、内層果実は種の成分も抽出される梅酒のような加工品のポリフェノール含量を高める点では優位であると考えられる。

次に、黄熟期の果実を原料とした梅酒の芳香成分を比較した。第3章1節で、熟した果実を原料とした梅酒のフルーティーな香気に関与する成分の一部が γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルであると判断され、第2節で、樹冠外層の果実を梅酒に用いた場合、黄熟期の果実を原料とすると、 γ -デカラクトン、 δ -デカラクトンおよび酪酸エチルが大幅に増加することが認められた。しかし、樹冠内層の果実を用いた場合、収穫を遅らせても酪酸エチル含量は少ないままであり、 δ -デカラクトン含量もその6日前の外層のものよりも少ない傾向であることから、樹冠内層の果実の梅酒は外層のもの

にまでフルーティーな芳香が達しないと判断された。よって、多くの機能性成分や食味成分からみて、梅酒には外層の果実が適すると判断される。ただし、樹冠外層の果実を先に収穫すると、樹冠内層の果実の生長が促進され、養分の分配が増えることも予想され、今後、樹冠外層の果実を先に収穫した後の樹冠内層の果実品質および梅酒品質について検討する必要がある。また、後に述べるように、第3章1節で追熟により芳香成分は高められることを明らかにしていることから、芳香が少ない内層果実でも追熟により外層果実と同等まで高められるかどうかも検討する必要がある。梅干しについては、加工中に香気成分の変化や機能性成分の梅酢への移行が大きく、これら成分の果実における含量がさほど影響しないと考えられること、内層果実は外層果実ほど大きくなり、梅干しとして好まれる中程度の大きさとなることから、内層果実は梅干し用原料するのがよいと考えられる。

このように、樹冠内層の果実を7日程度遅らせて収穫することは、外観品質だけではなく、果実および梅酒中の機能性成分や梅酒の食味成分を改善するために有効であることが明らかとなった。また、ポリフェノール含量や抗酸化能に優れた梅酒や梅干し造りには内層果実を、香りやその他の機能性成分に優れた梅酒造りには外層果実を用いるのが良いと考えられ、着果位置は原料選定の1つの基準として利用できると思われた。

追熟がウメ果実および梅酒の品質に与える影響

果実の熟度は追熟によっても進行する。ウメは収穫期が高温であることから、収穫後のウメ‘南高’果実は追熟による黄化および軟化が急速に起こり(北野ら, 1984), 有機酸, 糖, ペクチン(稲葉・中村, 1981; 北野ら, 1984; 小宮山ら, 1985; 宮崎, 1983; 乙黒ら, 1994a)等の内容成分も変化する。一般に品質の高い梅酒を作るには「青くて堅い」果実が適するとされることから(藤巻, 2002), ウメは通常収穫後すぐに流通・加工される。そのため、「青くて堅い」状態を保持するために、低温貯蔵(岩田・緒方, 1976), エチレン除去剤(宮崎, 1983; 張ら, 1994), 1-MCP(塩見ら, 2008), 包装資材(浅見・青柳, 1997; 浅見・田中, 1990a, b; 鈴木ら, 2008)等の面から研究が行われてきた。一方で、ウメ果実および加工品に対して追熟することの利点がないかと考え、既報で追熟期間(20°Cで6日以内)が梅酒の機能性成分に及ぼす影響を調査した(大江ら, 2008)。その結果、青果収穫盛期以後に採取した果実の場合には、有機酸およびソルビトール含量の面で収穫後速やかに加工する方がよく、青果収穫開始期以前に採取した果実の場合には、有機酸含量, ポリフェノール含量および抗酸化能の面で4日程度追熟して加工する方がよいとした。ただし、青果収穫開始期以前に採取した果実を追熟しても、樹上で生育させた果実を原料とした梅酒にはこれら成分量が及ばないことから、機能性成分を高めるための追熟技術の利用は、収穫開始期以前の果実を採取した場合に限られると判断した。

第3章1節で追熟が梅酒の食味成分に与える影響について調査したところ、芳香成分量はより収穫を遅らせた果実を用いた梅酒の方が多く、そのような原料果実を20°Cで4日または30°Cで3日追熟すると一層高まることが明らかとなった。また、梅酒の青っぽい

香気に関与する安息香酸エチルは、20°Cでは5日以内、30および35°Cでは3日以内の追熟では、収穫直後に漬けた場合と比べて同程度かそれ以下で推移し、苦みに関与するプルナシンおよびシュウ酸含量は20°Cで4日、30°Cで3日追熟すると減少した。よって、芳香を高めて青っぽい香気成分や苦み成分を抑えるためには、より熟した果実を収穫して、20°Cで4日もしくは30°Cで3日追熟させてから加工するのが良いと判断された。

これらのことから、機能性成分の面では青果収穫盛期以後の熟度が進んだ果実を収穫して速やかに加工する方が良いが、食味成分の面ではより熟度が進んだ果実を収穫して20°Cで4日もしくは30°Cで3日追熟させてから加工するのが良いと言え、用途および消費者の嗜好に応じて収穫後に熟度調整をすることが品質向上のために有効と考えられた。また、近年、十分黄熟しないまま落果する年がみられ、このような年の果実をそのまま梅酒に用いると芳香が少ないことから、製品の芳香成分量を安定化するための熟度調整技術としても利用が考えられる。

梅酒の品質を高めるための熟度指標

ウメ加工原料の熟度指標としては、‘紅サシ’の梅干しについて、白干梅の品質、クエン酸含量の面から、開花盛期以降の積算温度が収穫の目安になることが報告されているが(渡辺ら, 1990a, b; 山本ら, 1997), 梅酒用原料としての熟度指標については報告が少ない。梅酒用果実の収穫適期に関して、大竹・田中(1990)は‘南高’について、収穫期が早く、シュウ酸が多く含まれている果実を原料にして梅酒を製造した場合に食味の官能評価が劣ること、シュウ酸が急激に低下する時期と核表面が茶色く着色する時期がほぼ一致することを報告している。小川(1995)は色あいや歩留まりから梅酒用果実の適期を核の黄化完了期としており、石澤ら(1995)は核表面色の変化をもとにカラーチャートを作成し、収穫判定基準として利用できるとしている。ところが、主産地の和歌山県では、青果収穫開始期に既に核表面が茶色く着色している年がみられる。また、機能性成分を基に収穫適期指標を検討した報告はあまりみられない。そこで、筆者らは梅酒に加工した際に機能性成分が多く含まれる時期を原料果実の収穫適期として、熟度進行の異なる地域間に共通して利用できる収穫適期判定指標について検討した(大江ら, 2007a)。その結果、レオメータ硬度が急激(0.08 kg/日)に低下した時点の果実を用いた梅酒はクエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が高く、高い機能性成分を有する梅酒製造のための指標として適すると判断した。本試験の第4章でもレオメータ硬度が指標として利用できることを裏付ける結果であった。

一方、第3章3節では、高い芳香成分を有する梅酒製造のためのウメ‘南高’果実の熟度指標を見いだそうとした。その結果、樹齢や栽培環境が異なるにもかかわらず、梅酒中の総デカラクトン(γ -デカラクトンと δ -デカラクトンの合計)、酪酸エチルおよび酢酸ブチルの各芳香成分とも、原料果実の果皮色 b^* 値および果実硬度との間には強い相関関係が認められ、原料果実の果皮色 b^* 値が34.5未満の梅酒、原料果実の硬度(レオメータ値)が

0.98 kg より大きい梅酒は、各芳香成分含量が 2008 年はほぼ $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満、2009 年はほぼ $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 未満であった。筆者らは芳香成分の中でもモモ様の香りに寄与するラクトン類に特に着目しており、第 3 章 1 節での官能評価から、 $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上ではっきりと、 $200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上で強くモモ様の香気が感じられると判断している。よって、芳香成分含量が全体的に多い年や少ない年がみられるものの、芳香成分含量が少なくなる果実をできるだけ排除し、より芳香成分含量が多い梅酒を製造するための果実の選定指標として、果皮色 b^* 値 34.5 以上または果実硬度 0.98 kg 以下の基準が利用できると判断された。また、果皮色 b^* 値が 34.5 以上かつ果実硬度が 0.98 kg 以下の果実で調製した梅酒は、それ以外の果実で調製したものに比べて、総デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルが多く、3.7~43.1 倍であり、これら 2 つの指標の組み合わせが原料果実の選定基準としてさらに優れると考えられた。このように、「南高」果実を用いて製造した梅酒の芳香成分含量の指標として、果皮色 b^* 値および果実硬度が利用できることが明らかとなった。また、追熟した果実 (20°C で 6 日以内) を用いた梅酒についても、原料果実の果皮色 b^* 値および果実硬度は梅酒中の各芳香成分含量との間に強い相関関係が認められ、追熟中の果実についても指標として利用できると考えられた。

これらのことから、高い機能性成分や芳香成分を有する梅酒製造のためのウメ「南高」果実の基準が明確となり、実際に果実硬度や果皮色による梅酒原料の選定技術は、香りを高めた梅酒新商品のための指標として一部地域で取り入れられている。しかし、レオメータや色差計は高価であり、レオメータは持ち運びもしづらいため、さらに汎用性の高い技術とするには、これらの項目の測定方法の簡便化および低コスト化が必要と考えられた。色についてはやや客観性に欠けるが、大まかな指標として筆者らはカラーチャートを作成しており、第 4 章ではレオメータに代わる携帯型の硬度測定法を検討することとした。

携帯型硬度計によるウメ「南高」果実の硬度測定

第 4 章において、他の果樹で非破壊での硬度指標として利用されている音響振動硬度計や、大まかな指標として利用されている貫入式硬度計のウメ果実への適用性を検討した。

円柱形プランジャー直径 3 mm の貫入式硬度計で測定した果実硬度は、レオメータ値とは少し異なるものの、収穫時期による硬度の違いや着果位置による硬度の違いを判断することができた。しかし、携帯型振動硬度計と比べてレオメータ値との相関関係が弱いため、貫入式硬度計はレオメータの代用として、やや精度の劣る測定法と考えられた。また、追熟中の果実は柔らかいため高い精度での測定が困難であり、生産現場での硬度の目安に限定されると判断された。一方、携帯型振動硬度計での測定について、ウメ果実は種子が占める割合が大きく、青果収穫終期までは楕円形であるため、最適な測定方法も検討した。その結果、貫入式硬度計と同様に、硬度差を検出することができ、レオメータとの相関関係が貫入式硬度計と比べて強く、より高い精度で硬度を測定可能と判断された。レオメータ値との相関関係が強く、測定がより簡便なため、レオメータの代用としては第 2 共鳴周

波数と果実横径を組み合わせた Edf_2 を用いるのがよいと判断された。セイヨウナシ（知野ら，2009，2010），カキ（神田ら，2010），プルーン（大畑・櫻井，2011）等，他の果樹でも重さを測定しなくても直径から弾性指標を算出できることが報告されており，ウメについても同様に算出できることがわかった。携帯型振動硬度計は着果状態のウメ果実でも硬度指標の測定が可能であり，加えて非破壊測定のため同じ果実の硬度変化を測定できることから，果実による硬度のバラツキに影響を受けにくい測定方法であるとも考えられた。

一方，高い機能性成分を有する梅酒原料の指標としての携帯型硬度計の利用を検討したところ，弾性指標 Edf_2 ， Edf_3 および貫入式硬度計値はレオメータ値と同様に梅酒中のクエン酸含量と負の相関関係が強く，梅酒中のクエン酸含量の目安になると判断された。また，携帯型振動硬度計による Edf_2 が 10,000 または Edf_3 が 17,000 を下回った時期の果実，もしくは円柱形プランジャー直径 3 mm の貫入式硬度計で 2.2 kg を下回った時期の果実を用いた梅酒は機能性成分含量が多かった。加えて，梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能が最大となる時期またはその前後 3 日の時期と一致した。よって，今後さらに多くの園地での調査により指標としての実用性を確認していく必要があるが，機能性成分を高めるための梅酒原料の選定指標としてはレオメータ値よりも精度良く判定できる可能性が示唆された。

香りについて，第 3 章 3 節で，梅酒の芳香成分含量の指標として果実硬度が利用できること，原料果実のレオメータ硬度 0.98 kg が高い芳香成分を有する梅酒製造のための原料選定の基準として利用できることを明らかにした。第 4 章では梅酒の芳香成分を調査していないが，携帯型振動硬度計値は Edf_2 ， Edf_3 とともに，果実発育中および追熟中のどちらもレオメータ値との間に強い正の相関関係が認められたことから，芳香成分の多い梅酒製造のための原料選定指標として利用できることが示唆された。今後，実際に携帯型振動硬度計の値が梅酒の芳香成分を高める指標となるか検討が必要である。

これらのことから，携帯型振動硬度計はウメ果実の非破壊硬度測定に適し，その弾性指標は高い機能性成分や芳香成分を有する梅酒原料の指標として利用できる可能性が示された。

まとめ

本研究により，生産者に対しては，機能性成分や食味成分の面から果実の評価基準を示すとともに，それらが高まる要因を示したことで，今後，収量や果実の外観品質だけでなく，内容成分でもより良い果実を生産しようとする意欲の向上につながると考えられる。このことは，個性化商材作り，さらには梅酒特区を活かしたオリジナル梅酒造りへと波及が期待され，実際そのような生産者の取り組みもみられつつある。消費者に対しては，原料果実の違いによる食味および機能性成分の違いに目を向けてもらうことで，家庭で自分好みの梅酒を作成する動きにつながると考えられ，青果としての流通量増加にもつながると期待される。

今後は、果実および梅酒の機能性成分や芳香成分に対する他の栽培要因、たとえば土質や肥培管理の違い等との関係を明らかにする必要がある。また、香りについては不快な香り、例えば熟しすぎた果実を梅酒原料とした場合に発生する腐敗臭のような香り等についても明らかにし、このような香りが発生しない熟度を示す指標作りも必要である。

Abstract

2 – 1

The relationships between surface blushing and the content of qualitative components of the Japanese apricot (*Prunus mume* Siebold et Zucc.) 'Nanko' fruit were investigated. Brightly blushed fruit covering over 25% of its surface had higher levels of citric acid, phenolics, and antioxidant activity in its flesh than non-blushed fruit. Shading apricot fruit from ultraviolet (UV) light for about 3 weeks before harvest produced a clear decrease in surface blushing, phenolic content, and antioxidant activity. UV-B irradiation for 12 h to the inner canopy fruit 10 days before harvest resulted in blushing and increased the antioxidant activity. These results showed that brightly blushed fruit was rich in phenolics and antioxidant activity and that UV light played an important role in blushing, phenolic content, and antioxidant activity in the Japanese apricot 'Nanko' fruit. When fruit shaded from sunlight was exposed to sunlight for about 3 weeks before harvest by cutting off the shoot with leaves around the fruit to increase UV irradiation, surface blushing was caused, and the phenolic content and antioxidant activity in flesh were increased. On the other hand, placing reflecting films under the outer canopy for 40 days had no effect on the development of the bright red color.

2 – 2

Japanese apricot fruit were investigated for 4 years. In fruit located on the inner side of the canopy, the time that the trichome fell out over 30% of their surface, an indicator of harvest, was later, and the beginning of harvest was 4–10 days later than on the outer side of the canopy every year. Fruit weight and b^* value and L^* value of skin color tended to increase, and firmness tended to decrease with fruit development, and there were no differences between fruit on the inner and outer sides of the canopy when they were compared at the same stage, the beginning of harvest. Contents of citric acid, sorbitol and β -caroten tended to increase with fruit development, and there were also no differences between the flesh of the fruit on the inner and outer sides of the canopy when they were compared at the same stage, the beginning of harvest. However, phenolic content and antioxidant activity tended to decrease with fruit development, and in the flesh of the fruit on the inner side of the canopy they tended to be lower than in fruit on the outer side of the canopy when they were compared at the same stage, the beginning of harvest. These results indicate that delaying the harvest time of fruit on the inner side of the canopy makes their fruit weight and some functional components equal to the fruit on the outer side of canopy, but causes poorer phenolic content and antioxidant activity than on the outer side of the canopy.

2 – 3

Influence of fruiting position in the canopy on functional components of processed ume liqueur

of 'Nanko' Japanese apricot was investigated for 4 years. Content of citric acid and sorbitol in ume liqueur tended to be higher as the harvest time of processed fruit was later, and there were also no differences of them between ume liqueur made from fruit in inner and outer side of canopy, when they were compared at the same stage, beginning of harvest. However, phenolic content and antioxidant activity in ume liqueur made from fruit in inner side of canopy tended to be higher as the harvest time of processed fruit was later, and ume liqueur made from fruit in inner side of canopy tended to have them more than that made from fruit in outer side of canopy, when they were compared at the same stage, beginning of harvest. These results indicate that delaying the harvest time of fruit in inner side of canopy for about 7 days makes their some functional components and bitter component in ume liqueur equal to that made from fruit in outer side of canopy, and makes phenolic content and antioxidant activity higher than that made from fruit outer side of canopy.

3 – 1

Effects of harvest time and storing conditions after harvest on the aroma and bitter components of processed ume liqueur were investigated with Japanese apricot 'Nanko'. Some of the aroma components in ume liqueur were identified as γ -decalactone, δ -decalactone, ethyl butyrate and butyl acetate by the sniffing test. Content of these aroma components in ume liqueur was higher in fruit harvested later, and was high when the harvested fruit were stored for four days at 20°C or three days at 30°C. Ume liqueur made from fruit stored within five days at 20°C or within three days at 30 or 35°C showed equal or lower content of ethyl benzoate, exhibiting immature flavors, than that made from fruit immediately after harvest. Content of prunasin and oxalic acid that exhibited bitterness in ume liqueur decreased when the fruit was stored for four days at 20°C or three days at 30°C. These results suggest that aroma and bitter components in ume liqueur are influenced by the harvest time and storing conditions, and mature fruit should be harvested and the fruit stored for four days at 20°C or three days at 30°C before processing in order to increase aroma components and decrease bitter components.

3 – 2

Influence of fruiting position in the canopy on aroma components of processed ume liqueur of 'Nanko' Japanese apricot was investigated for 4 years. Contents of prunasin, exhibiting bitterness, and ethyl benzoate, exhibiting immature flavors, in ume liqueur tended to be lower as the harvest time of processed fruit was later, and there were also no differences of them between ume liqueur made from fruit in inner and outer side of canopy, when they were compared at the same stage, beginning of harvest. Ume liqueur made from fruit in inner side of canopy tended to have less aroma components, such as γ -decalactone, δ -decalactone and ethyl butyrate, than that made from fruit in outer side of canopy at the ripening stage. These results indicate that delaying the harvest time of

fruit in inner side of canopy for about 7 days makes their bitter component in ume liqueur equal to that made from fruit in outer side of canopy, and ume liqueur made from fruit in inner side of canopy is poorer in content of aroma components than that made from fruit in outer side of canopy in case of making fruity ume liqueur from the fruit at the ripening stage.

3 – 3

We tried to find the maturity index of fruit for high aroma components of processed ume liqueur of 'Nanko' Japanese apricot. Aroma components, total decalactone (sum of γ -decalactone and δ -decalactone), ethyl butyrate, and butyl acetate, in ume liqueur were significantly related to the skin color b^* value and fruit firmness of raw material fruit. The ume liqueur made from fruit which showed below 34.5 in skin color b^* value of raw material fruit contained each aroma component below $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ in 2008 and below $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ in 2009. The ume liqueur made from fruit which showed above 0.98 kg in fruit firmness of raw material fruit contained each aroma component below $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ except for one sample in 2008 and below $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ in 2009. The ume liqueur made from the fruit that showed above 34.5 in skin color b^* value and below 0.98 kg in fruit firmness had significantly higher in total decalactone, ethyl butyrate, and butyl acetate than the other ume liqueur. Even though the ume liqueur made from the fruit stored within six days at 20°C , skin color b^* value and fruit firmness of raw material fruit significantly related to the content of aroma components in ume liqueur. These results suggested that the skin color b^* value and fruit firmness were available for the index of aroma components in the ume liqueur made from 'Nanko'.

4

We investigated alternative portable methods to the rheometer in fruit firmness evaluation for high functional or aroma components of processed ume liqueur of 'Nanko' Japanese apricot. Fruit firmness using the universal hardness meter showed a difference based on the harvesting time and fruiting position, although there was little difference using the rheometer. The elasticity index (EI) using the portable vibration hardness meter was also able to evaluate these differences as well as the universal hardness meter. EI was more significantly correlated with the rheometer than the universal hardness meter. There was little difference between EIs calculated based on the fruit diameter and mass. EI calculated by $f_2^2 \cdot d^2 (Ed f_2)$, where f_2 was the second resonant frequency and d was the fruit diameter, showed a higher correlation with the firmness obtained from the rheometer than EI calculated by $f_3^2 \cdot d^2 (Ed f_3)$, where f_3 was the third resonant frequency, in both developing and ripening fruit. Therefore, $Ed f_2$ should be suitable for determining the firmness of Japanese apricot fruit as a substitute for the rheometer. The time of a sharp decrease in fruit firmness, the index of the time when functional components reached high levels in ume liqueur for

the rheometer, was not detected by either the universal hardness meter or portable vibration hardness meter. However, the ume liqueur made from fruit with below 10,000 in $Ed f_2$, 17,000 in $Ed f_3$ or 2.2 kg using the universal hardness meter with a 3-mm-diameter cylindrical plunger, contained higher functional components. These results suggest that the portable vibration hardness meter is suitable for the nondestructive measurement of fruit firmness, and might be available for calculating the index of raw material fruit to process ume liqueur with high functional components or aroma components in Japanese apricot 'Nanko'.

謝辞

本研究の遂行および本論文の作成に当たり，終始御懇切なご指導と御校閲を賜った広島大学大学院生物圏科学研究科櫻井直樹教授に謹んで深謝申し上げます。

また，本論文の作成にあたり，有益なご助言を頂きました正岡淑邦教授および河野憲治教授の両審査員の先生方に対し，心より感謝申し上げます。

本研究を実施するにあたり，多大なるご指導を頂いた和歌山県果樹試験場うめ研究所細平正人所長に心より感謝申し上げます。また，同土田靖久研究員からは有益なご助言を頂きました。深く御礼申し上げます。

また，研究の遂行にあたり和歌山県果樹試験場うめ研究所根来圭一研究員，同岡室美絵子研究員，同西野峯廣氏，同中岡照雄氏，メルシャン株式会社山崎哲弘氏，同奥井弥生氏，キンビール株式会社石原紀恵氏には長きにわたり惜しみないご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

なお，研究実施にあたり長年にわたり圃場を快く提供して頂くとともに，惜しみないご支援を頂いた，みなべ町うめ21研究センター各位ならびにウメ生産者の皆様に深く御礼申し上げます。

最後に，本研究の遂行およびとりまとめにあたっては，広島大学大学院生物圏科学研究科櫻井研究室専攻生各位ならびに和歌山県果樹試験場うめ研究所職員各位より多大なご協力，ご配慮を頂きました。記して深く感謝の意を表します。

引用文献

- 赤木知裕・長谷川豪宏・金銅俊二・尾崎嘉彦・中内道世・谷口久次. 2002. 梅酒における抗酸化性の評価. 食科工講演集 49: 58.
- 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.
- 秋元秀美・櫻井直樹・岩谷真一郎・高橋昌之. 2011. 弾性指標を用いたアボカドのサイズ・硬さ別の食べ頃予測. 園学研. 10 (別 1) : 265.
- 青柳康夫. 2008. 第 2 章抗酸化 (活性酸素除去) 機能. p.24-27. 青柳康夫編著. 改訂食品機能学. 建帛社. 東京.
- Arakawa, O. 1988. Photoregulation of anthocyanin synthesis in apple fruit under UV-B and red light. *Plant Cell Physiol.* 29: 1385-1389.
- Arakawa, O. 1993. Effect of ultraviolet light on anthocyanin synthesis in light-colored sweet cherry, cv. Sato Nisiki. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62: 543-546.
- 荒川 修. 2000. リンゴ果実の着色生理. *植物の化学調節.* 35: 149-159.
- 蟻川トモ子・大島さゆり・高垣仁志. 1997. 梅酒の香気成分と貯蔵による変化. *家政誌.* 48: 295-301.
- 浅見逸夫・青柳光昭. 1997. 青ウメの高品質出荷技術に関する研究 (第 3 報). 微細孔フィルム小包装による鮮度保持. *愛知農総試研報.* 29: 231-237.
- 浅見逸夫・田中喜久. 1990a. 青ウメの高品質出荷技術に関する研究 (第 1 報). 環境ガス組成が鮮度に及ぼす影響. *愛知農総試研報.* 22: 259-265.
- 浅見逸夫・田中喜久. 1990b. 青ウメの高品質出荷技術に関する研究 (第 2 報). 種々の出荷用包装資材が鮮度に及ぼす影響. *愛知農総試研報.* 22: 267-274.
- Awad, M. A., A. de Jager and L. M. van Westing. 2000. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation. *Sci. Hortic.* 83: 249-263.
- Awad, M. A., P. S. Wagenmakers and A. de Jager. 2001. Effect of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apple. *Sci. Hortic.* 88: 289-298.
- Ayala-Zavala, F. J., S. Y. Wang, C. Y. Wang and G. A. Gonzalez-Aguilar. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Food Sci. Technol.* 37: 687-695.
- Boonprakob, U., D. H. Byrne and R. E. Rouse. 1992. Responce of fruit development period to temperature during specific periods after full bloom in peach. *Fruit Varieties Journal* 46: 137-140.
- Çelik, H., M. Özgen, S. Serçe and C. Kaya. 2008. Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stages of cranberry fruit. *Sci. Hortic.* 117: 345-348.
- 知野秀次・松本辰也・太田祐樹・児島清秀. 2009. 追熟中のセイヨウナシ 'ルレクチェ' における非破壊法による果実特性の評価. *園学研.* 8: 109-114.

- 知野秀次・徳田美佳子・大石智美・小式澤一博・太田祐樹・松本辰也・児島清秀. 2010. 低温処理期間の違いが追熟中のセイヨウナシ‘ルレクチェ’の果実特性に及ぼす影響. 園学研. 9: 235-241.
- Chuda, Y., H. Ono, M. Ohnishi-Kameyama, K. Matsumoto, T. Nagata and Y. Kikuchi. 1999. Mumefural, citric acid derivative improving blood fluidity from fruit-juice concentrate of Japanese apricot. J. Agric. Food Chem. 47: 828-831.
- Chuma, Y., K. Nakaji and M. Ohura. 1982. Maturity and freshness evaluation of Japanese apricots by means of delayed light emission. J. Fac. Agr. Kyushu Univ. 27: 21-31.
- Chun, O. K., D. O. Kim and C. Y. Lee. 2003a. Superoxide radical scavenging activity of the major polyphenols in fresh plums. J. Agric. Food Chem. 51: 8067-8072.
- Chun, O. K., D. O. Kim, H. Y. Moon, H. G. Kang and C. Y. Lee. 2003b. Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums. J. Agric. Food Chem. 51: 7240-7245.
- Dicenta, F., P. Martínez-Gómez, N. Grané, M. L. Martín, A. León, J. A. Cánovas and V. Berenguer. 2002. Relationship between cyanogenic compounds in kernels, leaves, and roots of sweet and bitter kernelled almonds. J. Agric. Food Chem. 50: 2149-2152.
- 堂ヶ崎知格・村上 一・西島基弘・山本和子・宮崎利夫. 1992. 梅肉エキス及び梅仁へキサンの抽出物の変異原性抑制効果について. 薬学雑誌. 112: 577-584.
- Donovan, J. L., A. S. Mayer and A. L. Waterhouse. 1998. Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*). J. Agric. Food Chem. 46: 1247-1252.
- Engel, K., D. W. Ramming, R. A. Flath and R. Teranishi. 1988. Investigation of volatile constituents in nectarines. 2. Changes in aroma composition during nectarine maturation. J. Agric. Food Chem. 36: 1003-1006.
- Erkan, M., S. Y. Wang and C. Y. Wang. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. Postharvest Biol. Technol. 48: 163-171.
- Escalada, V. S. and D. D. Archbold. 2009. Effect of aminoethoxyvinylglycine plus 1-methylcyclopropene on 'Royal Gala' apple volatile production after cold storage. HortScience 44: 1390-1394.
- Ferenczi, A., J. Song, M. Tian, K. Vlachonasios, D. Dilley and R. Beaudry. 2006. Volatile ester suppression and recovery following 1-methylcyclopropene application to apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 131: 691-701.
- 藤巻あつこ. 2002. 梅酒. p.94-95. 藤巻あつこ著. 梅干し・梅酒・うめ料理 Q&A. 主婦と生活社. 東京.
- 藤田きみゑ・長谷川美幸・藤田麻里・小林寅喆・小笹晃太郎・渡辺能行. 2002. H. pylori に対する梅肉エキスの殺菌効果. 日消誌. 99: 379-385.

- Fukuhara, K., X. Li, M. Okamura, K. Nakahara and Y. Hayata. 2005. Evaluation of odorants contributing to 'Toyonoka' strawberry aroma in extracts using an adsorptive column and aroma dilution analysis. *J. Japan. Soc. Hort. Science* 74: 300-305.
- 文室政彦・櫻井直樹. 2011. 音響振動法によるマンゴー‘アーウィン’の果肉硬度の評価. *園学研*. 10 (別1) : 263.
- 古市幸生・水野隆文・山下佳伸・鈴木淳史・小畑 仁・梅宮善章. 2005. 和歌山県産南高梅の梅干加工工程におけるミネラルおよび有機酸含量の変化. *日食工*. 52: 472-478.
- 萩原博和・伊藤真吾・露木英男. 1982. ウメ果実の脂質に関する研究. *日食工*. 29: 221-227.
- 浜渦康範・茶珍和雄. 1995. 収穫後のトマト果実におけるカロチン類および α -トコフェロールの生合成に及ぼす高温の影響. *園学雑*. 63: 879-886.
- 長谷部秀明. 1996. 世界のウメ生産事情. 日本のウメ生産事情. p.1-4. 堀内昭作編. 日本の梅・世界の梅. 養賢堂. 東京.
- Hata, N., K. Murakami, Y. Yoshida, M. Masuda, A. Tanaka, N. Shikazono and Y. Hase. 2006. Mutagenesis in gynomonocious spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants and selection of low oxalate variants. *Sci. Rep. Fac. Agric. Okayama Univ.* 95: 21-28.
- 林 恭平. 2009. p.1-7. DNA マーカーによるウメの遺伝的多様性解析. 筑波大学大学院生命環境科学研究科学学位論文.
- Hayata, Y., T. Sakamoto, C. Mannerat, X. Li, H. Kozuka and K. Sakamoto. 2003. Evaluation of aroma compounds contributing to muskmelon flavor in porapak Q extracts by aroma extract dilution analysis. *J. Agric. Food Chem.* 51: 3415-3418.
- 菱本 峻・矢野史子・青谷佳緒留・佐藤夏生・船本悠以・三浦千春・前田千恵子・山西妃早子・木村美和子・尾崎嘉彦・三谷隆彦. 2009. 卵巣摘出ラットに及ぼす梅酢ポリフェノール画分の作用. *農化講演集*. 237.
- 堀内昭作. ウメの起源と歴史. 1996a. p.16-28.堀内昭作編. 日本の梅・世界の梅. 養賢堂. 東京.
- 堀内昭作. ウメの品種・系統・分類. 実ウメの品種と分類. 1996b. p.29-50. 堀内昭作編. 日本の梅・世界の梅. 養賢堂. 東京.
- Horvat, R. J., G. W. Chapman Jr., J. A. Robertson, F. I. Meredith, R. Scorza, A. M. Challahan and P. Morgens. 1990. Comparison of the volatile compounds from several commercial peach cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 38: 234-237.
- Hyman, J. R., J. Gaus and M. R. Foolad. 2004. A rapid and accurate method for estimating tomato lycopene content by measuring chromaticity values of fruit puree. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129: 717-723.
- 今西英雄・真子正史. 2010. 発育の生理. 果実の発育と成熟. p.80-88. 今西英雄編著. 園芸学入門. 朝倉書店. 東京.
- Ina, H., K. Yamada, K. Matsumoto and T. Miyazaki. 2004. Effects of benzyl glucoside and

- chlorogenic acid from *Prunus mume* on adrenocorticotripic hormone (ACTH) and catecholamine levels in plasma of experimental menopausal model rats. *Biol. Pharm. Bull.* 27: 136-137.
- 稲葉昭次・中村怜之輔. 1981. ウメ果実の樹上及び収穫後の成熟. *園学雑.* 49: 601-607.
- 稲葉伸也・綾野 茂・谷口義仁・神保 豊・宮村紗世・廣緒竜良・宮本いつか・山西妃早子・赤木知裕・矢野史子・三谷隆彦. 2011. 健康増進作用を有する梅酢ポリフェノールの調製と利用に関する検討. *日本清涼飲料研究会. 第 21 回講演集:* 50-55.
- 稲熊隆博. 2005. カロテノイドと健康. *植物の生長調節.* 40: 44-51.
- 稲熊隆博. 2012. 日本の果汁および果実を考える. *食科工.* 59: 354-356.
- 石田美奈子. 2001. 梅干しの香気成分. *香料.* 211: 139-156.
- 石川（高野）祐子・山口正己・朝倉利員・村松 昇・田中敬一・土師 岳. 1999. 果実類における抗酸化活性の評価. 第 2 報. ウメ果実の生育に伴うポリフェノール含量とラジカル消去能の変化. *園学雑.* 68（別 2）: 169.
- 石澤ゆり・京谷英壽・西村幸一・山口正己・垣内典夫. 1995. ウメ収穫期判定のためのカラーチャート. *果樹試報.* 28: 15-24.
- Islam, M. S., M. Yoshimoto, K. Ishiguro, S. Okuno and O. Yamakawa. 2003. Effect of artificial shading and temperature on radical scavenging activity and polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128: 182-187.
- Itle, R. A. and E. A. Kabelka. 2009. Correlation between L* a* b* color space values and carotenoid content in pumpkins and squash (*Cucurbita* spp.). *HortScience.* 44: 633-637.
- 伊藤三郎. 1991. 果実の栄養・食品科学. 果実の食品特性. p.60-65. 伊藤三郎編. 果実の化学. 朝倉書店. 東京.
- 岩田隆・緒方邦安. 1976. ウメ果実の貯蔵と低温障害に関する研究.（第 1 報）貯蔵中の外觀ならびに内的変化の一般的様相. *園学雑.* 44: 422-428.
- 泉 秀実・伊藤卓爾・吉田保治. 1990. 樹冠内・外層の着果位置別にみた温州ミカン果実の発育中における糖とアスコルビン酸含量について. *園学雑.* 58: 877-883.
- Jaakola, L., K. Määttä-Riihinen, S. Kärenlampi and A. Hohtala. 2004. Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves. *Planta* 218: 721-728.
- Jakopič, J., F. Štampar and R. Veberič. 2010. Influence of hail net and reflective foil on cyanidin glycosides and quercetin glycosides in 'Fuji' apple skin. *HortScience.* 45: 1447-1452.
- Jia, H. and G. Okamoto. 2001. Distribution of volatile compounds in peach fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 223-225.
- Jong, T. J., J. Moon, K. Park and C. S. Shin. 2006. Isolation and characterization of a new compound from *prunus mume* fruit that inhibits cancer cells. *J. Agric. Food Chem.* 54: 2123-2128.

- 垣内典夫・石川和子・森口早苗・京谷英寿・吉田雅夫. 1985. ウメ果実の有機酸と遊離アミノ酸の熟度及び品種別変化. 食科工. 32: 669-676.
- 垣内典夫・森口早苗. 1985. ウメ果汁の糖液抽出に対する品種と熟度の影響. 食科工. 32: 677-684.
- Kakiuchi, N. and A. Ohmiya. 1991. Changes in the constituents in peach fruits in relation to maturity at harvest and artificial ripening. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60: 209-216.
- 神田巳樹夫・谷脇 満・櫻井直樹. 2010. 携帯型振動硬度計によるカキ‘西条’の収穫期予測法. 園学研. 9 (別 2) : 233.
- 金子憲太郎・太田匡子・河野圭助. 1989. ウメ漬け原料としての果実採取時期と各種成分, とくに有機酸との関係. 栄養学雑誌. 42: 179-184.
- Kaneko, K., C. Otoguro, N. Yoshida, M. Utada, K. Tsuji, S. Kikuchi and H. Cha. 1998. Influence of the maturity of the fruit material on various components and taste of ume liquor. Food Sci. Technol. Int. Tokyo. 4: 59-65.
- Kataoka, I. and K. Beppu. 2004. UV irradiation increases development of red skin color and anthocyanins in 'Hakuho' peach. HortScience. 39: 1234-1237.
- Kataoka, I., K. Beppu, A. Sugiyama and S. Taira. 1996. Enhancement of coloration of "Satohnishiki" sweet cherry fruit by postharvest irradiation with ultraviolet rays. Environ. Control Biol. 34: 313-319.
- Kataoka, I., A. Sugiyama and K. Beppu. 2003. Role of ultraviolet radiation in accumulation of anthocyanin in berries of 'Gros Colman' grapes (*Vitis vinifera* L.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 72: 1-6.
- 河合良美・津田愛里・矢野史子・山西妃早子・赤木知裕・尾崎嘉彦・三谷隆彦. 2010. 高脂肪飼料の長期給与マウスに及ぼす梅酢ポリフェノールの作用. 農化講演集. 39.
- Kawano, S., T. Fujiwara and M. Iwamoto. 1993. Nondestructive determination of sugar content in satsuma mandarin using Near Infrared (NIR) transmittance. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62: 465-470.
- Kayano, S., N. Hukutsuka, T. Suzuki, T. Ikami, K. Shioaki, H. Kikuzaki, T. Mitani and N. Nakatani. 2003. Quantitative evaluation of antioxidant components in prunes (*Prunus domestica* L.). J. Agric. Food Chem. 51: 1480-1485.
- Kayano, S., H. Kikuzaki, N. Hukutsuka, T. Mitani and N. Nakatani. 2002. Antioxidant activity of prune (*Prunus domestica* L.) constituents and a new synergist. J. Agric. Food Chem. 50: 3708-3712.
- 菊池秀喜・大葉誠司・大槻英悟. 2000. 間伐と樹形改造が強樹勢化したわい性台リンゴの樹冠内光環境と果実品質に及ぼす影響. 宮城園試研報. 12: 47-56.
- Kim, D. O., O. K. Chun and Y. J. Kim. 2003a. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. J. Agric. Food Chem. 51: 6509-6515.

- Kim, D. O., S. W. Jeong and C. Y. Lee. 2003b. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry* 81: 321-326.
- 木村英生・長沼孝多・小松正和・恩田 匠. 2006. バイオ技術を利用した地域農林水産物からの新規機能性食品の開発 (第2報). *山梨工技セ研報*. 20: 5-8.
- 木村恵子・岩田伊平. 1990. 梅酒の風味に関する研究. *日本女子大紀要*. 37: 31-38.
- 木村俊之・山岸賢治・鈴木雅博・新本洋士. 2002. 農産物のラジカル消去能の検索. *食科工*. 49: 257-266.
- 近畿農政局統計部. 2012. ウメ. p.102. 近畿農林水産統計年報 (平成 22~23 年) .
- 岸川正剛・荻原喜久美・納谷祐子・田中優子・西谷朋子・宇都宮洋才・我藤伸樹・宮嶋正康・卯辰寿男. 2002. 梅肉エキスによる胃潰瘍への抑制効果. *環境と病気*. 11: 19-26.
- 北野欣信・小川正毅・角田秀孝・前阪和夫・山下重良. 1984. ウメ果実の予冷法に関する研究. *和歌山果試研報*. 8: 10-21.
- 小林秀誉. 1999. DPPH を用いたラジカル捕捉能の測定. p.19-20. 食品の機能性評価マニュアル集. 農林水産省農林水産技術会議事務局.
- 小林弘憲・富永敬俊・勝野泰朗・安蔵光弘・味村興成・斉藤 浩・鈴木由美子・デュブルデュエ・デウニ・金野知典. 2007. 甲州ワインの β -ダマセノン生成促進のための果汁調整条件の影響と実用規模醸造への応用. *J. ASEV Jpn*. 18: 22-27.
- 小嶋道之・宮下淳一・前田龍一郎・稲川 裕・村松裕司. 2005. プラム中の抗酸化活性を有する機能性成分. *食科工*. 52: 507-511.
- 小宮山美弘・原川 守・辻 政雄. 1985. 果実類の熟度と貯蔵条件に基づく糖組成の特徴. *食科工*. 32: 522-529.
- Kondo, S. and H. Gemma. 1993. Relationship between abscisic acid (ABA) content and maturation of the sweet cherry. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62: 63-68.
- Kondo, S., N. Tsukada, Y. Niimi and H. Seto. 2001. Interactions between jasmonates and abscisic acid in apple fruit, and stimulative effect of jasmonates on anthocyanin accumulation. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 546-552.
- Kondo, S., H. Yoshikawa and S. Nakatani. 2003. Effect of shading on the levels and activities of antioxidative compounds in the skin of lemons and apples. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 72: 221-223.
- 金銅俊二・赤木知裕. 2007. 梅酒の機能性. p.48-54. 醸造物の機能性. 日本醸造協会. 東京.
- 久保康隆・平 智・石尾慎史・杉浦 明・苫名 孝. 1988. 西南暖地におけるリンゴ数品種の着色. *園学雑*. 57: 191-199.
- 久保田尚浩・工藤正吾. 1992. モモ果実の渋みとポリフェノール含量に及ぼす土壌乾燥の影響. *園学雑*. 61: 31-37.
- 久保田尚浩・李 相根・安井公一. 1993a. ブドウ '藤稔' 果実の糖, 有機酸, アミノ酸およびアントシアニン含量に及ぼす各種台木の影響. *園学雑*. 62: 363-370.

- 久保田尚浩・西山範子・島村和夫. 1993b. モモ果実の渋味発生に及ぼす環状剥皮の影響. 園学雑. 62: 69-73.
- 久保田尚浩・高木真吾・工藤正吾. 1993c. モモ果実のポリフェノール含量に及ぼす樹勢の影響. 園学雑. 62: 83-88.
- 久保田尚浩・土屋幹夫. 2001. ブドウ果実の着色に及ぼす成熟期の紫外光照射の影響. 岡山大学農学報. 91: 55-60.
- 黒坂 俊・知野秀次・太田祐樹・齋藤洋太郎・坂井 優・児島清秀. 2010. ニホンナシ ‘幸水’, ‘新高’ および ‘新興’ における MA 包装が果実貯蔵に及ぼす影響および貯蔵期間中の弾性指標のモニタリング. 新潟大農研報. 62: 81-87.
- Lancaster, J. E., P. F. Reay, J. Norris and R. C. Butler. 2000. Induction of flavonoids and phenolic acids in apple by UV-B and temperature. *J. Hort. Sci. Biotech.* 75: 142-148.
- Lewallen, K. S. and R. P. Marini. 2003. Relationship between flesh firmness and ground color in peach as influenced by light and canopy position. *J. Amer. Hort. Sci.* 128: 163-170.
- 牧野仁美. 2008. ウメ加工における原料供給体制と産地形成分化の実態. 地域政策研究 (高崎大地域政策学会). 10: 85-101.
- 間苧谷 徹. 2000. III章果物 Q&A～健康と安全～. ウメは三毒を断つ. p.94-95. 間苧谷 徹編著. 果物の真実. 化学工業日報社. 東京.
- Marini, R. P. 1985. Vegetative growth, yield, and fruit quality of peach as influenced by dormant pruning, summer pruning, and summer topping. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 133-139.
- 松井弘之. 1989. 光合成産物の生産と分配. 果樹の光合成器官. 果実の光合成. p.37-38. 平野 暁・菊池卓郎編著. 果樹の物質生産と収量. 農文協. 東京.
- 松島二良・平塚 伸・谷口典生・輪田竜治・須崎徳高. 1989. ABA 処理したブドウ ‘オリンピック’ の果皮中におけるアントシアニンおよび糖の変動. 園学雑. 58: 551-555.
- 松添直隆・山口雅篤・川信修治・渡部由香・東 華枝・坂田祐介. 1999. 果実への暗黒処理がナスの果色と果皮のアントシアニン組成に及ぼす影響. 園学雑. 68: 138-145.
- Mattheis, J. P., J. K. Fellman, P. M. Chen and M. E. Patterson. 1991. Changes in headspace volatiles during physiological development of Bisbee Delicious apple fruit. *J. Agric. Food Chem.* 39: 1902-1906.
- Mercadante, A. Z. and D. B. Rodriguez-Amaya. 1998. Effects of ripening cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. *J. Agric. Food Chem.* 46: 128-130.
- Meredith, F. I., J. A. Robertson and R. J. Horvat. 1989. Changes in physical and chemical parameters associated with quality and postharvest ripening of harvester peaches. *J. Agric. Food Chem.* 37: 1210-1214.
- 南部川村梅加工開発センター. 1987. 梅加工 (梅干) に関する試験並びに実態調査成績第 1 号.1-3.
- 南部川村梅加工開発センター. 1988. 梅加工 (梅干) に関する試験並びに実態調査成績第 2

- 号.1-8.
- 南部川村梅加工開発センター. 1989. 梅加工（梅干）に関する試験並びに実態調査成績第3号.1-14.
- 南部川村梅加工開発センター. 1990. 梅加工（梅干）に関する試験並びに実態調査成績第4号.1-15.
- 満田幸恵・新本洋士・小堀真珠子・津志田藤二郎. 2002. 高速液体クロマトグラフィーによる野菜のカロテノイドおよびクロロフィルの同時分析. 日食工. 49: 500-506.
- 三谷隆彦. 2010. 梅酢ポリフェノールの開発とその利用. 食品と開発. 45: 81-83.
- 三谷隆彦・前田千恵子・新谷沙矢香・菱本 峻・赤木知裕・山西妃早子・尾崎嘉彦・矢野史子. 2009. ラットにおける食後血糖値に及ぼす梅酢ポリフェノール画分の作用. 農化講演集. 237.
- 三谷隆彦・矢野史子. 2006. ウメとプラム. 近畿大先端技総研紀要. 11: 1-13.
- 三宅英伸・長谷川義博・野川一義・根来圭一・林 恭平・赤木知裕・有田 慎・三谷隆彦. 2010. ウメの系統と果実香气成分との関係. 園学雑. 9（別1）: 305.
- 三宅英伸・野川一義・根来圭一・赤木知裕・有田 慎・大崎秀介. 2011. ウメ‘南高’果実の香り解析. 園学雑. 10（別1）: 320.
- 三宅義明・下村吉治・大澤俊彦. 1999. レモン果汁成分の運動生理作用-疲労回復効果と酸化ストレス低減作用-. 果汁協会報. 495: 31-38.
- 宮崎丈史. 1983. 青ウメの鮮度保持に及ぼす包装とエチレン除去の効果. 園学雑. 52: 85-92.
- Miyazawa, M., H. Utsunomiya, K. Inada, T. Yamada, Y. Okuno, H. Tanaka and M. Tatematsu. 2006. Inhibition of *Helicobacter pylori* motility by (+)-syringaresinol from unripe Japanese apricot. Biol. Pharm. Bull. 29: 172-173.
- Moore, P. P. 1997. Estimation of anthocyanin concentration from color meter measurements of red raspberry fruit. HortScience. 32: 135.
- 元村佳恵・長尾多実子・櫻井直樹. 2004. 6品種のリンゴ果実硬度のレーザー・ドップラー法による非破壊・非接触測定. 食科工. 51: 483-490.
- Murayama, H., I. Konno, S. Terasaki, R. Yamamoto and N. Sakurai. 2006. Nondestructive method for measuring fruit ripening of 'La France' pears using a laser doppler vibrometer. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75: 79-84.
- 中野有加・櫻井直樹・藤路 陽・堀江秀樹・中野明正・鈴木克己. 2008. 弾性指標を用いたスライストマトの果肉硬度の非破壊評価. 園学研. 7: 543-547.
- Nakatani, N., S. Kayano, H. Kikuzaki, K. Sumino, K. Katagiri and T. Mitani. 2000. Identification, quantitative determination, and antioxidative activities of chlorogenic acid isomers in prune (*Prunus domestica* L.). J. Agric. Food Chem. 48: 5512-5516.
- 根来圭一・林 恭平・岩本和也・大江孝明. 2007. ‘南高’と‘地蔵’の交雑によるβ-カロテン含量の高い自家和合性ウメ品種の育成. 園学研（別2）. 6: 469.

- 西川 豊・富森聡子・輪田健二・近藤宏哉. 2011. 栽培条件の違いがブドウ果皮中のレスベラトロール含量に及ぼす影響. 園学研. 10: 249-253.
- Noguchi, Y., Y. Mochizuki and K. Sone. 2002. Breeding of a new aromatic strawberry by interspecific hybridization *Fragaria* x *ananassa* × *F.nilgerrensis*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 208-213.
- 能勢征子・平田一郎・新井輝義・西島基弘・坂井千三・宮崎利夫. 1988a. 民間伝承薬梅肉エキスの腸炎ビブリオに対する抗菌作用及びその有機酸組成. 食衛誌. 29: 402-407.
- 能勢征子・平田一郎・新井輝義・太田建爾・坂井千三. 1988b. 食中毒起因細菌に及ぼすクエン酸のコール酸共存下における抗菌作用. 食衛誌. 29: 38-46.
- 農林水産省. 2011. 農林水産統計平成 23 年果樹及び茶栽培面積.
- 大場誠司・菊池秀喜・千葉佳朗・佐藤 寛. 1996. 摘葉時期がリンゴ‘ふじ’の樹体生育と果実品質に及ぼす影響. 園学雑. 65 (別 2) : 134-135.
- 小竹佐知子・乙黒親男・金子憲太郎. 1995. 梅漬けの硬度に及ぼすカルシウム化合物の影響およびその官能評価. 家政誌. 46: 641-648.
- Odake, S., C. Otaguro and K. Kaneko. 1999. The effects of fruit maturation and sodium chloride concentration on the compositions of pickled sun-dried ume fruit, 'Umeboshi'. Food Sci. Tehnol. Res. 5: 113-118.
- 大江孝明・林 恭平・桑原あき・根来圭一. 2006a. 育種素材探索を目的としたウメ果実の品質成分および形質の品種間差異. 和歌山農林水技セ研報. 7. 55-61.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006b. ウメ‘南高’果実の開花時期, 採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. 園学研. 5: 141-148.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2007a. ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究. 園学研. 6: 77-83.
- 大江孝明・根来圭一・岡室美絵子・土田靖久・細平正人. 2009. 加工方法の違いが梅酒およびウメ糖抽出液の品質に及ぼす影響. 近畿中国四国農業研究. 14: 118-122.
- 大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久. 2007b. ウメ‘南高’の貯蔵温度が果実品質に及ぼす影響. 園学研. 6 (別 2) : 281.
- 大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・細平正人. 2008. 異なる熟度で収穫したウメ‘南高’果実の追熟期間が果実および梅酒の品質に及ぼす影響. 園学研. 7: 299-303.
- 大江孝明・櫻井直樹・根来圭一・古屋拳幸・三谷隆彦. 2012. 収穫後のウメ‘南高’果実への光照射が紅色着色に及ぼす影響. 園学研. 11 (別 2) : 75.
- 小川正毅. 1995. 収穫期の判断と予冷. 新梢伸長・果実発育期. 基本技術編. ウメ. p.31-32. 農業技術体系果樹編 6. 農文協. 東京.
- 大畑和也・櫻井直樹. 2011. 携帯型振動硬度計を用いたブルーベリー果実品質の非破壊測定. 園学研. 10 (別 2) : 297.

- 恩田 匠・飯野修一・乙黒親男. 1995. 近赤外分光法によるウメ果実の硬度計測. 日食低温誌. 21: 139-142.
- 大澤俊彦. 2005. 酸化ストレス制御因子含有植物素材の探索と評価システム. 食科工. 52: 7-18.
- 大竹良知・田中喜久. 1990. ウメ果実の発育・追熟中の有機酸含量の変化と収穫適期判定. 愛知農総試研報. 22: 275-284.
- 大坪孝之・池田富喜夫. 1994. ウメ種子に含まれる青酸配糖体の消長. 園学雑. 62: 695-700.
- 乙黒親男. 1996. 小ウメ果実の塩蔵中における硬度保持機構に関する研究. 日食保蔵誌. 22: 41-49.
- 乙黒親男・樋川芳仁. 1983. 梅加工品の品種改良に関する研究（第4報）小梅漬・小梅干の化学的組成について. 山梨食工試報. 15: 39-46.
- 乙黒親男・樋川芳仁・小宮山美弘・金子憲太郎. 1994a. 収穫熟度別中ウメ‘白加賀’果実の追熟に伴う成分の変化. 日食保蔵誌. 20: 92-95.
- 乙黒親男・金子憲太郎. 1993. 塩蔵および貯蔵中における小梅漬の硬度とペクチン質の変化. 日食保蔵誌. 19: 183-190.
- 乙黒親男・金子憲太郎. 1994a. 小ウメ果実の生育・成熟過程における成分の変化について. 日食保蔵誌. 20: 13-21.
- 乙黒親男・金子憲太郎. 1994b. 梅漬け仕込み時の初発食塩濃度とカルシウム添加量が製品の歩留りと硬度に及ぼす影響. 日食保蔵誌. 20: 86-91.
- 乙黒親男・小宮山美弘・金子憲太郎. 1994b. 小ウメ‘甲州小梅’果実の生理特性と成分に及ぼす収穫時期および貯蔵温度の影響. 日食保蔵誌. 20: 73-79.
- Otoguro, C., S. Odake, K. Tsuji and K. Kaneko. 1995. Effect of ashed egg shell on hardness of brined ume fruit. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol. 42: 353-361.
- 小山初枝・篠原 温・伊藤 正. 1999. 気温および光強度がハウレンソウならびにサラダナのβ-カロテン濃度に及ぼす影響. 園学雑. 68: 414-420.
- 尾崎嘉彦. 2004. 近畿の地域特産物. 和歌山県. ウメ. p.245-250. 地域特産物の生理機能・活用便覧. サイエンスフォーラム. 東京.
- 尾崎嘉彦. 2008. ウメの加工と機能性研究. 日食保蔵誌. 34: 283-290.
- 尾崎嘉彦・大西由里子・我藤伸樹・山西妃早子・矢野史子・三谷隆彦. 2011. ウメポリフェノール組成の解析とポリフェノール含量を高める糖抽出果汁の製造方法の開発. 果汁協会報. 634: 1-7.
- 尾崎嘉彦・佐藤尚也・末原慎也・赤木知裕・三宅英伸・山西妃早子・矢野史子・三谷隆彦. 2009. ウメのポリフェノール成分に関する研究（第4報）. 農化講演集: 237.
- 尾崎嘉彦・山西妃早子・池本重明・中内道世. 2000. 構造糖鎖化合物の生理機能とその応用技術の開発. p.45-67. 食品機能のセンシング技術の開発と食品資源の機能開拓への応用. 中小企業庁平成10・11年度技術開発研究事業成果普及講習会用テキスト.

- Prior, R. L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer and C. M. Mainland. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. *J. Agric. Food Chem.* 46: 2686-2693.
- Robertson, J. A., F. I. Meredith, H. R. J. Horvat and S. D. Senter. 1990. Effect of cold storage and maturity on the physical and chemical characteristics and volatile constituents of peaches. *J. Agric. Food Chem.* 38: 620-624.
- Rudell, D. R. and J. P. Mattheis. 2002. Methyl jasmonate enhances anthocyanin accumulation and modifies production of phenolics and pigments in 'Fuji' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127: 435-441.
- 三枝里美・樋川芳人・乙黒親男. 1986. ウメ加工品の品質改良に関する研究（第6報）ウメ加工品の試作. *山梨食工指報.* 18: 14-21.
- 齋藤 寛. 1995. リンゴの樹体生長, 収量および果実品質におよぼす窒素多肥の影響. *弘前大農報.* 58: 198-314.
- Sakagami, Y. 2001. Inhibitory Effect of the Extract of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. on Vero-toxin Production by Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7. *Biocontrol Science.* 6: 53-56.
- 佐々木勝昭・宇都宮直樹. 2002. 紫外線除去フィルムがハウス栽培のマンゴー‘アーウィン’果実の着色に及ぼす影響. *園学研.* 1: 191-194.
- 清水俊雄. 2004. クエン酸. p. 172. *機能性食品素材便覧.* 清水俊雄編著. 薬事日報社. 東京.
- 塩見慎二郎. 2008. ウメ果実の追熟に及ぼす 1-メチルシクプロペンの影響. *くらしき作陽大紀要.* 41: 97-105.
- 白坂憲章・暮松亜紀・金銅信之・金銅俊二・飯田雅弘・長谷川豪宏・村上哲男・吉栖 肇. 1999. 梅酒の抗酸化性と抗酸化物質の単離と同定. *食科工.* 46: 792-798.
- 白坂憲章・野村 毅・村上哲男・吉栖 肇. 2003. 梅酢中のアリルテトラリン化合物の抗酸化活性および抗変異原性. *食科工.* 50: 203-206.
- Sriwilaijaroen, N., A. Kadowaki, Y. Onishi, N. Gato, M. Ujike, T. Odagiri, M. Tashiro and Y. Suzuki. 2011. Mumefural and related HMF derivatives from Japanese apricot fruit juice concentrate show multiple inhibitory effects on pandemic influenza A (H1N1) virus. *Food Chem.* 127: 1-9.
- Strangeland, T., F. S. Remberg and A. K. Lye. 2009. Total antioxidant activity in 35 Ugandan fruits and vegetables. *Food Chem.* 113: 85-91.
- 須田郁夫・沖 智之・西場洋一・増田真美・小林美緒・永井沙樹・比屋根理恵・宮重俊一. 2005. 沖縄県産果実類・野菜類のポリフェノール含量とラジカル消去活性. *食科工.* 52: 462-471.
- Suganuma, H., S. Oshima and T. Inakuma. 2002. Hypocholesterolemic effect of oral

- administration of β -carotene and carrot juice in exogenous hypocholesterolemic mice. Japan. J. Food Chem. 9: 15-21.
- 杉浦 明. 2010. 落葉果樹の栽培利用. p.174-207. 新版果樹栽培の基礎. 杉浦 明編著. 農山漁村文化協会. 東京.
- Sun, J., Y. Chu, X. Wu and R. H. Liu. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. J. Agric. Food Chem. 50: 7449-7454.
- 鈴木 誠・渡辺敏郎・三浦麻子・原島恵美子・中川靖枝・辻 啓介. 2002. Folin-Denis 法による総ポリフェノール量測定のための抽出溶媒の検討. 食科工. 49: 507-511.
- Suzuki, N., X. Wang and H. Inoue. 1995. Effect of temperature on fruit development in Japanese apricot cv. Nanko. Environ. Control Biol. 33: 245-251.
- 鈴木芳孝・宮崎清宏・鶴永陽子・石川 豊・今堀義洋・上田悦範. 2008. パーシャルシール包装による青ウメの鮮度保持技術. 日食保蔵誌. 34: 71-74.
- 高橋 斉・櫻井一成・辻田愛奈・矢野史子・山西妃早子・赤木知裕・青柳正信・高田善浩・福西伸一・三谷隆彦. 2010. マウスの強制遊泳に及ぼす梅酢ポリフェノール画分の作用. 農化講演集. 39.
- 鷹野晋三・西野精二・黒田喜佐雄. 1991. 低樹高二本主枝富有柿の高品質生産技術の確立 (第1報) 日照条件別にみた枝の形状および着果量と果実品質との関係. 奈良農試研報. 22: 29-33.
- 高辻 渉・池本重明・阪口奉平・南 広己. 1992. 新規梅酒の製造技術に関する研究. 醸協. 87: 533-537.
- 竹中正好・三宅英伸・根来圭一. 2011. 春季の摘心処理がウメ‘南高’の収量性および作業性に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報. 12: 63-68.
- 竹中正好・根来圭一・大江孝明・三宅英伸. 2010. ウメ‘南高’ムカデ整枝樹への摘心と摘葉処理による紅着色果実の効率的多収生産. 園学研. 9 (別2) : 115.
- 竹中正好・大江孝明. 2009. ウメ‘南高’の摘心ならびに摘葉処理が果実の紅色着色に及ぼす効果. 園学研. 8 (別2) : 155.
- 玉置ミヨ子・堀野成代・江幡淳子. 2002. 梅酒及び漬け梅果肉の抗変異原性. 相愛女子短大研究論集. 49: 97-110.
- 田中敬一. 2002. 貯蔵・出荷, 加工. 果実摂取の意義と健康機能性. 日本人の健康と果実摂取の意義. 果物の成分と疾患予防. p.143-148. 農業技術体系果樹編 8. 共通技術. 農文協. 東京.
- 田中敬一. 2003. ポリフェノール. 果物でいきいき健康. p.84. 間苧谷 徹・田中敬一著. 果物のはたらき. 日園連. 東京.
- 田中敬一・朝倉利員・村松 昇. 2001. 核果類果実に含まれている機能性成分に関する研究. 1. ウメ, アンズ, ネクタリンに含まれているカロテン含量の品種間差異. 園学雑. 70 (別1) : 172.

- 田中嘉郎. 2005. カロテノイドと抗酸化機能. p.65-78. 食品素材と機能. 島 健太郎編. シーエムシー出版. 東京.
- 平 喜之. 2012. ウメ‘南高’. 果実日本. 67(4): 17-19.
- 高寺恒慈・小川 博・目黒忠道・白坂憲章・吉栖 肇. 2004. 梅酢抽出物が高コレステロール食飼育脳卒中易発症性高血圧自然発症ラットの血圧と脂質代謝に及ぼす影響. 栄食誌. 57: 249-255.
- 谷口 充. 1998. 収穫期の作業. p.138-149. 谷口 充著. ウメの作業便利帳. 農文協. 東京.
- Taniwaki, M. and N. Sakurai. 2010. Evaluation of the internal quality of agricultural products using acoustic vibration techniques. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 79: 113-128.
- Takahashi, M., M. Taniwaki, N. Sakurai, T. Ueno and H. Yakushiji. 2010. Changes in berry firmness of various grape cultivars on vines measured by nondestructive method before and after veraison. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 79: 377-383.
- 寺田久屋・山本勝彦. 1992. 高速液体クロマトグラフィーによる梅加工食品中のシアン配糖体, ベンズアルデヒド及び安息香酸の同時定量法の検討. 食衛誌. 33: 183-188.
- 戸田吉紀・高野晃一. 2006. 生理的特性. ソルビトール. p.14-22. 早川幸男編著. 糖アルコールの新知識. 食品化学新聞社. 東京.
- 時友裕紀子・保坂 礼. 2003. 小ウメ果実の香気成分. 山梨大教育人間科学部紀要 5: 23-29.
- 時友裕紀子・武川智子・遠藤有美. 2005. 小ウメ果実梅酒のフレーバー. 食科工. 52: 330-336.
- 苫名 孝・宇都宮直樹・片岡郁雄. 1979. 樹上果実の成熟に及ぼす温度環境の影響(第2報) ブドウ‘巨峰’果実の着色に及ぼす樹体及び果実の環境温度の影響. 園学雑. 48: 261-266.
- 富永暁子・水上和美・蟻川トモ子. 2001. 梅酒貯蔵中の遊離アミノ酸・糖・酸・色の変化. 家政誌. 52: 1133-1138.
- 富田教代. 2003. 梅酒摂取が健常人の便通に及ぼす影響. New Food Industry 45: 18-23.
- 富田教代. 2006. 梅酒の摂取が健常人の血液と腸内菌叢に及ぼす影響. New Food Industry 48: 21-26.
- 辻沢 広・山下善樹・山東英幸・橋爪 崇・前川 匠・有本光良・塩地隆英・横山 剛. 1986. 梅の成分に関する研究(第2報) 梅のアミグダリン, 安息香酸およびシアン含有量について. 和歌山衛公研年報. 32: 61-64.
- 上田悦範. 2000. 収穫物の評価と品質管理. 化学成分の変化. p.139. 山田裕文編著. 応用植物科学実験. 養賢堂. 東京.
- 上田悦範. 2002. 青果物の香気生成とストレス. 日食保蔵誌. 28: 41-45.
- Ueda, Y., A. Tsuda, J. Bai, N. Fujishita and K. Chachin. 1992. Characteristic pattern of aroma ester formation from banana, melon, and strawberry with reference to the substrate-specificity of ester synthetase and alcohol contents in pulp. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol. 39: 183-187.

- 梅田 操. 2009a. ウメの植物学. ウメの分類. p.2. 梅田 操著. ウメの品種図鑑. 誠文堂新光社. 東京
- 梅田 操. 2009b. 梅史. p.90-93. ウメのルーツ. 誠文堂新光社. 東京.
- Usenik, V., F. Štampar and R. Veberič. 2009. Anthocyanins and fruit colour in plums (*Prunus domestica* L.) during ripening. *Food Chem.* 114: 529-534.
- 歌田 誠・乙黒親男・吉田雅彦・金子憲太郎. 1997. 市販梅酒の化学的性質. 山梨工技センター研報. 11: 87-92.
- 内田 誠・吉永勝一・河瀬憲次. 1985. 晩生カンキツの果実品質に及ぼす果実周辺の環境条件に関する研究. I. 福原オレンジの果実品質に及ぼす着果位置とその微気象的環境要因との関係. 果樹試報 D. 7: 39-55.
- 宇都宮洋才・江口 暁・我藤伸樹・井畑考敏・宮嶋正康・卯辰寿男. 2001. 梅肉エキスによるアンジオテンシン II の細胞内情報伝達の抑制効果. 環境と病気. 10: 17-21.
- Utsunomiya, H., S. Takekoshi, N. Gato, H. Utatsu, E. D. Motley, K. Eguchi, T. G. Fitzgerald, M. Mifune, G. D. Frank and S. Eguchi. 2002. Fruit-juice concentrate of Asian plum inhibits growth signals of vascular smooth muscle cells induced by angiotensin II. *Life Science.* 72: 659-667.
- Velioglu, Y. S., G. Mazza, L. Gao and B. D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J. Agric. Food Chem.* 46: 4113-4117.
- Wang, H., G. Cao and R. L. Prior. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.* 44: 701-705.
- Wang, S. I. and H. S. Lin. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *J. Agric. Food Chem.* 48: 140-146.
- Wang, S. Y. and W. Zheng. 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4977-4982.
- 渡辺 毅・田辺賢治・中村三夫・福井博一. 1990a. ウメ果実のクエン酸集積に及ぼす果実発育期間中の気温並びに無機成分吸収の影響. 岐阜大農研報. 55: 109-116.
- 渡辺 毅・田辺賢治・中村三夫・福井博一. 1990b. ウメ果実の有機酸含量による良品質ウメ干し生産のための収穫時期の判定. 岐阜大農研報. 55: 117-123.
- 渡辺康光・中山朝雄・太井秀行・加藤 厚. 2001. 梅果実の血流改善成分. ヘモレオロジー研究会誌. 4: 15-19.
- 渡辺康光・太井秀行・野崎 豊・菊池佑二. 1999. 梅酢摂取が全血流動性に及ぼす影響. ヘモレオロジー研究会誌. 2: 37-42.
- Wert, T. W., J. G. Williamson, J. X. Chaparro and E. P. Miller. 2009. The influence of climate on fruit development and quality of four low-chill peach cultivars. *HortScience* 44: 666-670.

- Whale, S. K. and Z. Singh. 2007. Endogenous ethylene and color development in the skin of 'Pink Lady' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132: 20-28.
- 箭田浩士・我藤伸樹・永友榮徳・忠田吉弘・小野裕嗣・吉田 充. 2003. 梅肉エキス中のムフラール定量法. *食科工.* 50: 188-192.
- 山田 寿・浜本 清・杉浦 明・苫名 孝. 1988. リンゴ果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. *園学雑.* 57: 173-177.
- 山本 仁・渡辺 毅・中川文雄. 1997. ウメ‘紅サシ’の収穫時期が白干梅の品質に及ぼす影響. *園学雑.* 66 (別 2) : 152.
- Yamane, T. and K. Shibayama. 2006. Effects of changes in the sensitivity to temperature on skin coloration in 'Aki Queen' grape berries. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 75: 458-462.
- 山西妃早子・尾崎嘉彦・味村妃紗・後藤 瞳・三谷隆彦・矢野史子. 2005. ウメ (*Prunus mume* S.) 果実中の抗酸化成分に関する研究. *日本栄養・食糧学会大会講演要旨集.* 59: 204.
- 山崎晋平・矢野史子・岸田邦博・岸岡史郎・堀西朝子・赤木知裕・山西妃早子・三谷隆彦. 2011. 梅酢ポリフェノールの降圧作用に関する研究. *日本栄養・食糧学会大会講演要旨集.* 65: 245.
- 矢野昌充. 1999. 果実類の生理機能. *農及園.* 74: 113-118.
- 矢野昌充・川崎あけみ・加藤雅也・生駒吉識・田中敬一・山田昌彦・松本 光・杉浦 実. 2002. カロテノイド供給源としての果実. *日本フードファクター学会講演要旨集* 7: 23.
- 八並一寿・江澤 真・越後多嘉志. 1988. ウメ果実の発育過程における物理的性状と化学成分組成の変化. *玉川大農研報.* 28: 71-77.
- Yingsakmongkon, S., D. Miyamoto, N. Sriwilaijaroen, K. Fujita, K. Matsumoto, W. Jampangern, H. Hiramatsu, C. T. Gou, T. Sawada, T. Takahashi, K. Hidari, T. Suzuki, M. Ito, Y. Ito and Y. Suzuki. 2008. *In vitro* inhibition of human influenza A virus infection by fruit-juice concentrate of Japanese plum (*Prunus mume* Sieb.et Zucc.) . *Biol. Pharm. Bull.* 31: 511-515.
- 吉川賢太郎・岩崎はるみ・久保美帆・福本紘一・島田豊治・撫井賀代. 2008. 健康人の梅酒飲用一年間とその後 6 ヶ月の血圧と血清脂質の変化. *近畿大農紀要.* 41: 27-34.
- 吉川賢太郎・撫井賀代・福本紘一・島田豊治. 2004. 6 ヶ月間の梅酒飲用による健康人の血中脂質と血圧に及ぼす効果の予備的研究. *栄養学誌.* 62: 161-164.
- 張 世明・茶珍和雄・上田悦範・岩田 隆. 1993. 収穫後の青ウメのペクチン質の変化に及ぼす包装とエチレン除去の影響. *日食工.* 40: 163-169.