収穫時期がブロッコリーの呼吸速度, 成分含量および品質に及ぼす影響

池田 浩暢^{*1§}・藤瀬 朋子^{*2}・宮城 一 菜^{*2}

茨木 俊行^{*1}・太田 英明^{*2}

* 1 福岡県農業総合試験場食品流通部

* 2 中村学園大学栄養科学部

Effects of Harvest Season on Respiration Rate, Chemical Composition and Quality Stability of Broccoli (*Brassica oleracea* L. italica)

IKEDA Hironobu^{*1§}, FUJISE Tomoko^{*2}, MIYAGI Kazuna^{*2},

IBARAKI Toshiyuki^{*1} and OHTA Hideaki^{*2}

* 1 Fukuoka Agricultural Research Center, 587, Yoshiki, Chikushino-shi, Fukuoka 818-8549

* 2 Department of Nutritional Sciences, Nakamura Gakuen University
5-7-1, Befu, Johnan-ku, Fukuoka 814-0198

To study the preservative property of various shredded vegetables treated by steam heating, cabbage, cucumber, The respiration rate, chemical composition in terms of reduced ascorbic acid and total soluble sugar, and quality stability of broccoli harvested in autumn (November), winter (January) and spring (April) were investigated during storage at room temperature or 15°C. A nearly second-order regression equation ($Y=a+b \cdot T+c \cdot T^2$) with a high relative coefficient ($R=0.989-0.996$) was established for the respiration rate ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$) (Y) and temperature (°C) (T) of broccoli. At the same temperature, broccoli harvested in winter showed a higher respiration rate than that harvested in autumn. Broccoli harvested in winter had two times as much total soluble sugar content as that harvested in autumn or spring. For broccoli harvested in autumn and stored at room temperature, its reduced ascorbic acid, total soluble sugar and chlorophyll contents decreased markedly with floret yellowing. These indicate that broccoli harvested in autumn and stored at room temperature does not retain good quality. The reduced ascorbic acid and total soluble sugar contents of broccoli harvested in winter remained unchanged for 6 days, suggesting that the broccoli retains good quality during storage at room temperature. Similarly, broccoli harvested in winter and stored at 15°C showed had much better quality stability than broccoli harvested in the other seasons. For the same harvest season, the quality of broccoli was successfully maintained during storage at low temperature. Moreover, correlations among the respiration rate, chemical composition and quality stability of broccoli were observed, that is the lower the respiration rate, the higher the reduced ascorbic acid and total soluble sugar contents and the higher the quality stability.

(Received Jun. 7, 2007; Accepted Oct. 17, 2007)

Key words : harvest season, broccoli, respiration rate, chemical composition, quality stability

収穫時期, ブロッコリー, 呼吸速度, 成分含量, 品質

野菜の品質や鮮度保持期間に影響を及ぼす栽培条件としては、品種や系統などの遺伝的因子、水分や肥料管理などの栽培技術および気温や収穫時期などの栽培環境が

あげられる。遺伝的因子としては、ブロッコリー¹⁾やキャベツ²⁾では、同じ時期に収穫した場合でも品種によって呼吸速度や成分含量が異なることが報告されている。

* 1 〒818-8549 福岡県筑紫野市大字吉木587

* 2 〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府5-7-1

§ 連絡先 (A corresponding author) E-mail: ikeda-h1630@pref.fukuoka.lg.jp

また、栽培技術として、トマト^{3),4)}では、灌水量を制限すると糖含量やアスコルビン酸含量が増加し、鮮度保持期間が延びることが、アスパラガス⁵⁾では、施肥量を通常の2倍与えると呼吸速度やエチレン生成量が低く、鮮度低下が抑制されることが示されている。栽培環境として、ハウレンソウ⁶⁾では、冬期収穫したものでは夏期収穫したものに比べて糖含量やアスコルビン酸含量だけでなく呼吸速度も高くなることが、キャベツ⁷⁾では、冬期収穫のものでは他の時期に収穫したものに比べて糖含量が高くなることが報告されている。しかし、収穫時期によって成分含量や呼吸速度が異なるにもかかわらず、鮮度保持期間との関係を検討した研究例は、葉ネギで報告されているにすぎない⁸⁾。

そこで、本章ではブロッコリーについて収穫時期別の呼吸速度や全糖含量、アスコルビン酸含量など成分含量を測定するとともに、鮮度保持期間との関係を検討した。

実験方法

1. 収穫時期がブロッコリーの呼吸速度に及ぼす影響

11月20日(秋期)、1月30日(冬期)および4月15日(春期)に、福岡県二丈町で収穫したブロッコリー(*Brassica oleracea* L. italica, サイズ:2L)を供試した。品種は、秋期、冬期および春期それぞれエルデ、グリーンハットおよびグリーンビューティーであった。花蕾先端部からの長さを15cmに調製した後、9株ずつを慣行の普通段ボール容器に縦詰めし、福岡県農業総合試験場(福岡県筑紫野市、以下、試験場と略す)に搬入した。ブロッコリー3株を内容積14.1ℓのアクリル樹脂製チャンバーに入れ、内径が3mmのガラス製パイプおよび4mmのアクリル樹脂製パイプ(内容積:約5ml)でエアポンプ(テクノ高槻社製;SPP-3EBS, 流量7.5ℓ・min⁻¹)と連結させた。0~40℃に設定した恒温庫内に一夜放置し、ブロッコリーの品温を安定させた。測定時は、エアポンプをアクリル樹脂製パイプで連結させ、チャンバー内の空気を密閉式で循環させた。1時間ごとにチャンバー内のガスを採取し、ガスクロマトグラフ(島津製作所製;GC-8A, 検出器:TCD, カラム;ボラパックNおよびモレキュラーシーブ, カラム温度;80℃, キャリアガス;ヘリウム)を用いて、二酸化炭素および酸素濃度を測定した。単位時間当たりに変化するこれらのガス濃度から二酸化炭素排出速度(以下、呼吸速度と略す)を算出した。また、測定後直ちにブロッコリーの葉茎部に温度計(安立計器社製;AP-210)の針状センサーを差し込み、品温を測定した。

2. 収穫時期がブロッコリーの成分含量および鮮度に及ぼす影響

10月31日(秋期)、1月25日(冬期)および4月8日(春期)に、福岡県二丈町で収穫したブロッコリーを供試した。品種は、秋期、冬期および春期それぞれエルデ、グリーンハットおよびグリーンビューティーであった。

9株ずつを厚さ0.02mmの低密度ポリエチレンフィルム袋を内装した普通段ボール容器(以下、PE内装段ボール容器と略す)に縦詰めした後、上部をハンカチ折り込み包装した。これを試験場に搬入し、室温および15℃の恒温庫内に静置した。以後1日おきに容器内の酸素および二酸化炭素濃度を前述のTCDガスクロマトグラフで測定した後、各1箱を開封した。還元型アスコルビン酸含量(以下、アスコルビン酸含量と略す)、全糖含量、総クロロフィル含量を測定した。各成分分析は、1試験区当たり8反復行った。保存中の平均室温は、秋期で17.3℃、冬期で4.5℃、春期で9.0℃であった。

(1) アスコルビン酸含量の測定 ブロッコリーの花蕾を先端から約3mm切り出し、このうち約5gを測定に用いた。アスコルビン酸の測定は、須田ら⁹⁾の方法に準じて行った。すなわち、花蕾に5%メタリン酸を加え磨砕抽出し、遠心分離後(3,000rpm, 10min, 室温)得られた上澄を、さらに東洋濾紙No.5Bでろ過した後、25mlに定容したものを試料溶液とした。試料溶液の0.5mlを採り、これにpH7.0の0.2Mリン酸緩衝液5ml, 1mg・ml⁻¹ワサビ由来のペルオキシダーゼ(和光純薬工業製;100U/mg)0.2ml, 50mM過酸化水素水0.02mlを加えて振とうした。37℃の恒温水槽内槽で20分間保持した後、265nmの波長で吸光度を測定した。過酸化水素水を加えないものを対照として、吸光度の差を求めた。既知濃度の標準アスコルビン酸を同様に処理した場合の吸光度から検量線を作製し、アスコルビン酸含量を算出した。

(2) 全糖含量の測定 アスコルビン酸含量と同様に花蕾の先端部分約5gを用いた。これを80%エタノールで100℃で10分間処理し、糖を抽出した。100mlに定容後、抽出液の最終濃度が0.1Nとなるように塩酸を加え、沸騰水中で20分間加水分解し、還元糖液を得た。水酸化ナトリウムで中和した後、ソモギ・ネルソン法^{10),11)}により測定した。

(3) 総クロロフィル含量の測定 全糖の抽出時に得られたエタノール溶液を試料溶液とし、興座ら¹²⁾の方法に従って定量した。すなわち、東洋濾紙No.2でろ過した後100mlに定容し、665および649nmの波長で吸光度を測定し、総クロロフィル含量を算出した。

結果

1. 収穫時期および品温がブロッコリーの呼吸速度に及ぼす影響

収穫時期別のブロッコリーの品温と呼吸速度の関係をFig.1に示した。品温が10℃以下では、収穫時期が呼吸速度に及ぼす影響はほとんど認められなかった。しかし、品温が10℃以上になると収穫時期による差が認められ、品温が高くなるほどその差は大きくなった。同じ品温であれば、ブロッコリーの呼吸速度は秋期収穫のもので最も低く、春期収穫のものは秋期収穫のものよりやや高く、冬期収穫のもので最も高くなった。

Fig. 1 Relationship between storage temperature and respiration rate of broccoli

● : harvested in winter (January)
 △ : harvested in spring (April)
 ■ : harvested in autumn (November)

収穫時期別のブロッコリーの品温と呼吸速度の近似式をTable 1に示した。本研究において測定した品温域では、いずれの時期に収穫したブロッコリーでも品温と呼吸速度の関係は二次式で近似することができ、相関係数は0.989~0.996と高かった。

2. 収穫時期がブロッコリーの成分含量および鮮度に及ぼす影響

(1) 室温に保存した場合の品質変化 収穫時期別の出荷容器内の酸素濃度および二酸化炭素濃度の経時変化をTable 2に示した。出荷容器内のガス濃度は、秋期収穫のもので最も低酸素・高二酸化炭素状態となり、酸素

Table 1 Regression equation ($Y=a+b\cdot T+c\cdot T^2$) analysis of temperature of broccoli(T) and respiration rate(Y)

Season	a	b	c	R
Autumn	34.569	1.214	0.385	0.989
Winter	28.254	3.995	0.665	0.990
Spring	36.152	1.421	0.482	0.996

Fig. 2 Effects of harvest season on ascorbic acid content of broccoli during storage at room temperature

□ : 0 day ▨ : 2 days in storage □ : 4 days in storage
 ▤ : 6 days in storage ▩ : 8 days in storage
 Vertical bars in the graph show standard deviation (n=8)

濃度は7.8~10.7%, 二酸化炭素濃度は7.6~10.2%であった。これは、秋期収穫のものでは冬期収穫や春期収穫のものに比べて室温が高く推移したことで、呼吸速度が高かったためと考えられる。また、冬期収穫のもので最も高酸素・低二酸化炭素状態となり、酸素濃度は14.0~15.2%, 二酸化炭素濃度は4.9~7.0%であった。これは、冬期収穫のものでは秋期収穫や春期収穫のものに比べて室温が低く推移したことで、呼吸速度が抑制されたためと考えられる。開箱時の異臭は、出荷容器内の酸素濃度が最も低く推移した秋期収穫のものにおいても、保存8日後まで認められなかった。

収穫時期がアスコルビン酸含量に及ぼす影響をFig. 2に示した。アスコルビン酸含量は、いずれの収穫時期においても時間の経過とともに減少した。特に、秋期収穫のものでは2日後から、春期のものでは6日後から急激に減少し、8日後にはそれぞれ試験開始時の5%, 40%となった。一方、冬期収穫のものでは、その減少割合は他の時期に収穫したものに比べて緩やかで、8日後においても試験開始時の67%を保持していた。

Table 2 Effects of harvest season of broccoli on carbon dioxide and oxygen concentrations (%) in film bags stored at room temperature and 15°C

Harvest Season	Gas	Room Temperature				15°C			
		Days in storage				Days in storage			
		2	4	6	8	2	4	6	8
Autumn	CO ₂	7.6	8.6	10.2	8.0	4.7	6.1	4.1	4.7
	O ₂	10.7	9.1	7.8	9.5	12.1	10.8	12.9	13.2
Winter	CO ₂	5.8	7.0	6.4	4.9	15.2	16.4	14.3	12.7
	O ₂	15.0	14.0	14.8	15.2	5.4	4.5	5.7	6.5
Spring	CO ₂	7.5	5.8	6.2	6.5	8.5	9.0	9.5	9.0
	O ₂	10.9	12.3	12.1	11.6	8.9	8.6	8.4	7.2

The mean room temperature for 8 days in autumn was 17.3°C, that in winter was 4.5°C, and that in spring was 9.0°C.

収穫時期が全糖含量に及ぼす影響をFig.3に示した。試験開始時の全糖含量は、秋期収穫や春期収穫のものではそれぞれ1.0, 1.2%であったが、冬期収穫のものでは2.2%と他の時期に収穫したものに比べて約1%も高い値を示した。全糖含量は、いずれの収穫時期においても時間の経過とともに減少した。特に、秋期収穫のものでは2日後から急激に減少し、8日後には試験開始時の18%となった。一方、春期収穫や冬期収穫のものではその減少割合は秋期収穫したものに比べて緩やかで、8日後においてもそれぞれ試験開始時の64, 83%を保持していた。

収穫時期が総クロロフィル含量に及ぼす影響をFig.4に示した。総クロロフィル含量は、秋期収穫のものでは

Fig.3 Effects of harvest season on total soluble sugar content of broccoli during storage at room temperature

Symbols are the same as those shown in Fig.2.

Vertical bars in the graph show standard deviation ($n=8$).

Fig.4 Effects of harvest season on total chlorophyll content of broccoli during storage at room temperature

Symbols are the same as those shown in Fig.2.

Vertical bars in the graph show standard deviation ($n=8$).

2日後から、春期収穫のものでは6日後から減少し、8日後にはそれぞれ試験開始時の12%, 70%となった。一方、冬期収穫のものではその減少割合は他の時期に収穫したものに比べて緩やかで、8日後においても試験開始時の90%以上を保持していた。

これらのことから、室温に保存した場合、秋期収穫のものでは保存2日後からアスコルビン酸含量、全糖含量および総クロロフィル含量は減少し、8日後における成分含量は他の時期に収穫したものに比べて最も低くなった。春期収穫のものでは、成分含量は秋期収穫のものより保持されたが、冬期収穫のものより減少した。冬期収穫のものでは、全糖含量やアスコルビン酸含量は時間の経過とともに徐々に減少したが、総クロロフィル含量は8日後まで試験開始時の含量を保持していた。

(2) 15℃に保存した場合の品質変化 収穫時期別の出荷容器内の酸素濃度および二酸化炭素濃度の経時変化をTable 2に示した。出荷容器内のガス濃度は、室温に保存した場合とは逆の傾向が認められた。すなわち、冬期収穫のもので最も低酸素・高二酸化炭素状態となり、酸素濃度は4.5~6.5%, 二酸化炭素濃度は13.7~16.4%であった。また、秋期収穫のもので最も高酸素・低二酸化炭素状態となり、酸素濃度は10.8~13.2%, 二酸化炭素濃度は4.1~6.1%であった。これは、冬期収穫のものでは収穫時の気温と保存温度である15℃との温度差が最も大きくなったために、収穫時に比べて呼吸速度が急激に上昇し、酸素の消費および二酸化炭素の蓄積が他の時期のものより大きくなったためと考えられる。開箱時の異臭は、出荷容器内の酸素濃度が最も低く推移した冬期収穫のものにおいても、8日後まで認められなかった。

収穫時期がアスコルビン酸含量に及ぼす影響をFig.5に示した。アスコルビン酸含量は、秋期収穫のものでは室温に保存した場合とほぼ同様に推移し、8日後には試

Fig.5 Effects of harvest season on ascorbic acid content of broccoli during storage at 15℃

Symbols are the same as those shown in Fig.2.

Vertical bars in the graph show standard deviation ($n=8$).

験開始時の11%となった。一方、春期収穫や冬期収穫のものでは室温に保存した場合よりも急激に減少し、8日後にはそれぞれ試験開始時の8%, 25%となった。

収穫時期が全糖含量に及ぼす影響をFig. 6に示した。全糖含量は、秋期収穫のものでは室温に保存した場合よりも緩やかに減少し、8日後には試験開始時の40%となった。一方、春期収穫や冬期収穫のものでは室温に保存した場合よりも急激に減少し、8日後にはそれぞれ試験開始時の12%, 68%となった。

収穫時期が総クロロフィル含量に及ぼす影響をFig. 7に示した。総クロロフィル含量は、秋期収穫のものでは室温に保存した場合よりも緩やかに減少し、8日後には試験開始時の20%となった。一方、春期収穫や冬期収穫の

ものでは、室温に保存した場合よりも急激に減少し、8日後にはそれぞれ試験開始時の10%, 76%まで減少した。

これらのことから、15℃に保存した場合、春期収穫のものでは保存2日後からアスコルビン酸含量、全糖含量および総クロロフィル含量は減少し、8日後における成分含量は他の時期に収穫したものに比べて最も低くなった。秋期収穫のものでは、アスコルビン酸含量など成分含量は春期収穫のものより保持されたが、冬期収穫のものより減少した。冬期収穫のものでは、成分含量は時間の経過とともに徐々に減少したが、その含量は試験期間を通じて他の時期に収穫したものより高く推移した。

考 察

収穫時期と青果物の成分含量の関係については、ハウレンソウ¹³⁾やトマト¹⁴⁾では、収穫時期によって全糖、アスコルビン酸およびクロロフィル含量が変動すると報告されている。本研究においても、ブロッコリーの全糖含量は、秋期および春期収穫のものでは1.0%, 1.2%であったが、冬期収穫のものでは2.2%と他の時期に比べて約2倍であった。イチゴ¹⁵⁾やナス¹⁶⁾などでは、品種によって成分含量は変動することが報告されているが、ブロッコリーでは収穫時期が同じであれば品種による全糖含量の差は最大10%程度であると示している¹⁾。このため、ブロッコリーにおいても、収穫時期によって全糖含量は変動することが明らかになった。これに対し、アスコルビン酸含量やクロロフィル含量については、収穫時期による変動はほとんど認められなかった。同様の傾向はチンゲンサイ¹⁷⁾でも認められており、同じ青果物でも成分の種類によって収穫時期の影響が異なると考えられた。

青果物の呼吸速度と品温の関係については、これまでアレニウスの式¹³⁾や指数関数¹⁹⁾、二次式²⁰⁾などで表すことができると報告されている。しかし、葉ネギ²⁰⁾において、流通過程で想定される0~35℃の温度域では二次式で最も相関が高くなり、アレニウスの式や指数関数では二次式に表した場合に比べて相関は低いことを示している。このため、本研究においてもブロッコリーの呼吸速度と品温の関係を二次式で表したところ、高い相関が得られた。Table 1 から得られた近似式をもとに、まず収穫時における収穫時期別のブロッコリーの呼吸速度を推測した。収穫前1週間の平均気温は、秋期で11.4℃、冬期で3.4℃、春期で9.0℃であった。収穫時のブロッコリーの品温が気温とほぼ同じであると仮定すると、収穫時期別の呼吸速度は、秋期収穫では $98.5 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、冬期収穫では $49.5 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、春期収穫では $66.3 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ となり、秋期収穫の呼吸速度は、冬期収穫の約2.0倍であると考えられる。次に、同じ品温における収穫時期別のブロッコリーの呼吸速度を推測した。同じ品温におけるブロッコリーの呼吸速度は、収穫時とは逆に冬期収穫のもので最も高く、秋期収穫のもので最も低くなった。品温が15℃の場合、収穫時期別の呼吸速

Fig. 6 Effects of harvest season on total soluble sugar content of broccoli during storage at 15°C

Symbols are the same as those shown in Fig. 2.

Vertical bars in the graph show standard deviation (n = 8).

Fig. 7 Effects of harvest season on total chlorophyll content of broccoli during storage at 15°C

Symbols are the same as those shown in Fig. 2.

Vertical bars in the graph show standard deviation (n = 8).

度は冬期収穫では $237.8\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ 、秋期収穫では $139.5\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ となり、冬期収穫の呼吸速度は秋期収穫に比べ約1.7倍であった。また、品温が 30°C の場合、冬期収穫では $746.7\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ 、秋期収穫では $417.7\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ となり、冬期収穫は秋期収穫の約1.8倍であった。したがって、収穫時期がブロッコリーの呼吸速度に及ぼす影響は、品温が高くなるほど大きくなることが明らかになった。

このように、品温が同じでも収穫時期によって呼吸速度が異なることは、葉ネギ²⁰⁾やハウレンソウ¹³⁾で報告されている。これには、品温変動が影響していると考えられる。キュウリやナス²¹⁾などでは、品温が上昇すると呼吸速度は一時的に過上昇状態となり、品温変動が大きいほど呼吸速度の上昇程度は大きくなるとともに、過上昇状態から安定状態に達するまで長時間を要すると報告している。また、品温が低下する場合では呼吸速度は速やかに低下し、上昇時のような特異的な現象は認められないとしている。このため、品温上昇は品温降下に比べて、野菜の生理活性に及ぼす影響が大きいと考えられる。

本研究では、測定温度が高くなるほど、冬期収穫のブロッコリーでは秋期収穫や春期収穫のものよりも生育時との品温変動が大きくなるため、収穫時期による呼吸速度の差が大きくなったと考えられる。一方、測定温度が低い場合では、品温降下が呼吸速度に及ぼす影響は小さいため、収穫時期による差は小さかったと考えられる。また、収穫時期が同じでも品種によって呼吸速度が異なることがブロッコリーで報告されている¹⁾。このため、同じ品種を収穫時期毎に供試することが望ましいが、1品種の収穫可能期間は2～4週間程度と短いため、年間を通じて同じ品種を用いることは困難である。これらのことから、ブロッコリーでは品温変動や品種によって、収穫時期別の呼吸速度が異なると考えられる。

野菜の鮮度保持に影響を及ぼす要因の一つに、呼吸速度があげられる。呼吸速度と青果物の鮮度保持の関係については、呼吸速度が高い青果物ほど腐敗しやすいと報告している²²⁾。ハウレンソウでは、栽培方法の違いから生じる呼吸速度の大小によって貯蔵性は影響を受けると示している⁶⁾。葉ネギ⁸⁾やアスパラガス²³⁾では、呼吸速度が高いほど鮮度保持期間は短いことを報告している。本研究において、ブロッコリーの呼吸速度は収穫時期によって異なり、それぞれの収穫時の温度であれば、秋期収穫で最も高く、冬期収穫で最も低くなった。これに対し、同じ温度であれば冬期収穫が最も高く、秋期収穫で最も低くなった。しかし、ブロッコリーの成分含量や外観品質は、保存温度にかかわらず冬期収穫のもので最も高く保持されていた。このため、ブロッコリーにおいては、呼吸速度と成分含量や外観品質の保持との関係は一致せず、葉ネギやアスパラガスのように呼吸速度が低いほど成分含量や外観品質が高く保たれることは認められなかった。

この原因として、呼吸の基質である全糖含量と野菜の鮮度保持との関係が考えられる。ハウレンソウ⁶⁾では、栽培方法の違いによって全糖含量は大きく異なるものの呼吸速度も大きく異なるため、保存中の全糖含量はほぼ同様となり、貯蔵性には影響がないと報告している。また、葉ネギ⁸⁾では、収穫時期の違いによって呼吸速度は大きく異なるが、いずれの収穫時期においても全糖含量の減少は少ないため、全糖含量よりも呼吸速度のほうが鮮度保持期間に影響を及ぼすことを示している。これに対し、サヤインゲン²⁴⁾やレタス²⁵⁾では、全糖含量の多少が貯蔵性を左右すると報告している。また、キャベツ²⁶⁾では、糖含量が高い品種ほど保存可能日数が長くなることから、全糖含量の減少までの日数が長いほど貯蔵性が高いと推測している。本研究において、ブロッコリーの全糖含量は、冬期収穫のものでは秋期収穫や春期収穫のものに比べて約2倍多くなった。一方、ブロッコリーの呼吸速度は、収穫時期の違いによって大きく異なるが、全糖含量の減少はいずれの収穫時期においてもほぼ同じであった。このため、 15°C に保存した場合、冬期収穫したブロッコリーの呼吸速度が秋期収穫や春期収穫したものより高かったにもかかわらず、冬期収穫のものが秋期収穫や春期収穫したものに比べて、成分含量や外観品質は高く保たれた。これらのことから、ブロッコリーでは呼吸速度だけでなく、全糖含量も鮮度保持に影響を及ぼすものと考えられる。

また、他の成分含量については、アスコルビン酸含量は全糖含量とほぼ同様に減少したが、クロロフィル含量はやや遅れて減少した。キャベツやレタス²⁵⁾では呼吸基質が消耗して正常な生理機能を果たせなくなった後、腐敗が始まるとしている。ハウレンソウ⁶⁾では、まず呼吸基質である糖が減少し、その後アスコルビン酸、最後にクロロフィル含量が減少すると報告している。今後は、特に鮮度が低下しやすい秋期および春期収穫のブロッコリーでは、全糖含量など成分含量の多い品種の育成が望まれる。

要 約

ブロッコリーの収穫時期ごとの品質と鮮度保持期間を明らかにするために、11月（秋期）、1月（冬期）および4月（春期）に収穫したものの温度別の呼吸速度を調査し、室温および 15°C の恒温庫内に出荷容器ごとに保存し、鮮度保持に及ぼす影響を調査した。

- ① いずれの時期に収穫したブロッコリーにおいても、品温と呼吸速度の関係は二次式に近似できた。同じ品温であれば、呼吸速度は冬期収穫のもので最も高く、秋期収穫のもので最も低かった。これとは逆に、収穫時における呼吸速度は秋期のもので最も高く、冬期のもので最も低かった。
- ② 室温に保存した場合、秋期収穫のブロッコリーではアスコルビン酸含量が早くから低下し、総クロロ

フィル含量の低下も他の時期に収穫したものに比べて速く、鮮度保持期間が短くなった。冬期収穫のものでは成分含量の保持に優れ、外観品質の低下も緩やかで、鮮度保持期間も長かった。

- ③ 15℃に保存した場合、秋期収穫や春期収穫のブロッコリーではアスコルビン酸含量が早くから低下し、総クロロフィル含量の低下も冬期収穫したものに比べて速く、鮮度保持期間が短くなった。冬期収穫のものでは成分含量の保持に優れ、外観品質の低下も緩やかで、鮮度保持期間も長かった。
- ④ ブロッコリーの鮮度保持は呼吸速度よりも全糖含量と良く一致し、全糖含量が高いほど鮮度保持期間が長かった。

文 献

- 1) 松本通夫・松田弘毅・山下昭道・有福一郎：9月どり作型ブロッコリーの二酸化炭素排出量と鮮度保持，鳥取県食品加工研究所研究報告，**33**，38～42（1995）
- 2) 矢野昌充・西條了康・太田保夫：イソチオシアネート類によるカットキャベツの褐変防止とエチレン生成阻害，園学雑，**55**，194～198（1986）
- 3) 渡邊幸雄・米山昌美・嶋田典司：ハウレンソウの糖，ビタミンCおよびシュウ酸含量に及ぼす水ストレス処理の影響，土肥誌，**58**，427～432（1987）
- 4) 図師一文・松添直隆：土壌水分制限が大果系トマトのビタミンC，糖，有機酸，アミノ酸およびカロチン含量に与える影響，園学雑，**67**，927～933（1998）
- 5) 山県真人・中野啓三・金森哲夫：暖地転作畑におけるグリーンアスパラガスの弱茎生産および品質・貯蔵性に及ぼす施肥条件の影響，四国農試報，**52**，1～12（1989）
- 6) 日坂弘行：ハウレンソウ貯蔵中における呼吸量，糖含量の変化と外観の劣化との関係，日食工誌，**36**，956～963（1989）
- 7) 矢野昌充・伊藤 洋・速水昭彦・小濱節雄：野菜の品質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究（1）キャベツ及びニンジンの糖組成・含量，野菜茶試報告，**A-8**，53～68（1981）
- 8) 茨木俊行・池田浩暢・太田英明：収穫時期が葉ネギの呼吸速度，化学成分および鮮度保持に及ぼす影響，日食保蔵誌，**23**，77～82（1997）
- 9) 須田郁夫・西場洋一・古田 収：酵素反応を利用したビタミンC定量法の改良，九州農業研究，**57**，41（1995）
- 10) PALEG, L. G. : Citric acid interference in the estimation of reducing sugars with alkaline copper reagents, *Anal. Chem.*, **31**, 1902～1904（1959）
- 11) SOMOGYI, M. : Notes on sygar determination, *J. Biol. Chem.*, **195**, 19～23（1952）
- 12) 與座宏一・野方洋一・武田裕子・子役丸孝俊・太田英明：ポリエチレン積層段ボール箱包装が常温貯蔵中におけるブロッコリーの鮮度保持に及ぼす効果，日食保蔵誌，**19**，107～110（1993）
- 13) 日坂弘行：葉菜類の貯蔵温度と品質に関する研究，千葉農試特別報告，**20**，3～30（1992）
- 14) 篠原 温・鈴木芳夫・渋谷正夫：施設トマトの栽培法，栽培時期及び品種と果実のアスコルビン酸含量，園学雑，**51**，338～343（1982）
- 15) 曾根一純・望月龍也・野口裕司：イチゴ果実におけるビタミンC含量の品種間差異および収穫時期による変動特性，園学雑，**68**，1007～1014（1999）
- 16) 阿部一博・黒岡 浩：数種栽培品種のナス果実のアスコルビン酸含量の相違と低温障害発生程度との関連，日食保蔵誌，**24**，237～242（1998）
- 17) 池羽智子・貝塚隆史・石井 貴：チンゲンサイのビタミンC，糖，硝酸含量に及ぼす品種，栽培条件の影響，茨城県農総セ園研研報，**13**，17～23（2005）
- 18) SONG, Y., KIM, H. K. and YAM K. L. : Respiration rate of Blueberry in Modified Atmosphere at Various Temperatures, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **117**, 925～929（1992）
- 19) BEAUDRY, R. M., CAMERON, A. C., SHIRAZI, A. and DOSTAL-LANGE, D. L. : Modified Atmosphere Packaging of Blueberry Fruits : Effect of Temperature on Package O₂ and CO₂, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **117**, 436～441（1992）
- 20) 茨木俊行・池田浩暢・打田 宏・太田英明：フィルム包装および出荷容器が葉ネギの鮮度に及ぼす影響，日食保蔵誌，**21**，67～72（1995）
- 21) 森 健・門間 充・三輪 操：青果物の呼吸量に及ぼす温度の影響，昭和58年秋季園芸学会講演要旨集，438～439（1983）
- 22) KADER, A. A. : Respiration and gas exchange of vegetables (WEICHMANN, J., ed. : Postharvest physiology of vegetables), *Food Sci. Technol.*, **25**～43（1987）
- 23) BRASH, D. W., CHRIS, M. C., SANDY, W. and BRUCE, L. B. : Shelf-life of stored asparagus is strongly related to postharvest respiratory activity, *Postharvest Biol. Technol.*, **5**, 77～81（1995）
- 24) WATADA, A. E. and MORRIS, L. L. : Post-harvest behavior of snap bean tivar, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **89**, 375～380（1967）
- 25) 矢野昌充・速水昭彦：結球性野菜の貯蔵性改善に関する研究Ⅱ，レタスの収穫後における生理変化の特性と貯蔵性の関係について，野菜試験場報告，**A-4**，89～101（1978）
- 26) 西條了康：野菜の鮮度保持技術と施設（1），農業及び園芸，**63**，1071～1076（1988）

（平成19年6月7日受付，平成19年10月17日受理）