

カボチャ果実成熟に伴う成分変化から見た 収穫適期に関する研究

長尾 明宣* 印東 照彦*

カボチャの代表的な品種「えびす」を供試し、果実の肥大・成熟に伴う成分等の推移から、果実の収穫適期を検討した。果実重量は開花後 25 日目にほぼ収穫時の大きさに達した。澱粉含量は開花後 40~45 日目に最高値を示し、その後減少した。全糖含量は開花後 10~15 日にピークを示し、その後減少した。しかし、澱粉含量が減少する頃より全糖含量は再び増加を示し、また α -アミラーゼ活性も高くなった。全ペクチン含量は開花後 40 日目まで増加し、その後は 880~950 mg/100 g を推移し、顕著な変化は認められなかった。また、果肉の硬さに係わる塩酸可溶性ペクチン/全ペクチンの値は、果実の肥大、成熟期間を通して、ほぼ一定値を示した。以上の結果より、カボチャの内部品質からみた収穫適期は開花後 40 $\pm$ 5 日の果実と考えられた。

緒 言

近年、健康志向に伴う緑黄色野菜に対する関心の高まりや食生活の多様化に伴う冷凍食品の増加に伴い、カボチャの消費量は増加傾向を示している。このことはカボチャが β -カロチンや食物繊維などの成分を多く含み、健康志向に合致するためと考えられる。このような顕著な消費増加に伴い、カボチャの生産量も増加しており、北海道の重要な移出野菜のひとつとなっている。

カボチャの収穫は果梗部のコルク化、果皮色、着果節位などを考慮しながら、果実熟度を推測して一斉収穫を行う場合が多い。このように外見から熟度を判断して収穫するため、食味の劣る未熟果や貯蔵初期に果肉が粘質化する過熟果の混入する危険性が高い。

近年、カボチャはカット売りのため果肉色も重要な外見品質のひとつになり、さらに完熟や本物志向にみられる消費者ニーズを考えると、内部品質を加味したカボチャの適期収穫の検討が必要と思われる。

一般にカボチャは収穫後の貯蔵中に、粉質感か

ら粘質感のある食味へと変化することが知られている。これに伴い、内部成分では澱粉の糖化に伴う全糖含量と β -カロチン含量の増加が報告されている^(3),9),12)。著者ら^(7),8)は果実の澱粉と全糖含量が食味を決定する主要な要因であることを指摘した。また、収穫時の果実熟度が収穫後の果実品質に大きな影響を及ぼすことは十分に推察される。しかし、それについての検討例は少なく、果実の肥大・成熟に伴う成分変化についての報告も少ない。

そこで、本報は肥大・成熟に伴う果実の変化を、内部成分の推移から明らかにし、果実の内部品質からみた収穫適期を検討し、二、三の知見を得たので報告する。

材料及び方法

1. 試験方法

供試品種は北海道内で広く栽培されている西洋カボチャ (*Cucurbita maxima* Duch.) の代表的な品種「えびす」を用いた。

北海道立中央農業試験場において、畦幅 300 cm, 株間 100 cm の栽植密度とし、整枝は子づる 3 本仕立で栽培した。1987 年はトンネル・マルチ、1988 年はマルチ栽培であり、その他の栽培法は標準耕種法によった。

1990 年 12 月 20 日受理

* 北海道立中央農業試験場, 069-13, 夕張郡長沼町

1987年5月20日にカボチャを定植し、人工授粉を6月18日から始め、約2週間行った。雌花の開花日を開花後0日(以後0日と略す)として5日ごとに55日目まで計12回調査を行い、成熟に伴う果実成分の変化を検討した。1988年も同様の試験を行い、定植は6月2日、人工授粉始めは7月1日であった。

2. 分析方法

1回の調査に果実4～5個を用い、剥皮した果実の赤道部の果肉を供試した。ただし、開花0日の果実は果実全体を用いた。数値は測定値の平均値で示した。

色調: 測定は測色色差計(日本電色製, ND 1001 DP)によってL, a, b値を測定した。果肉色はa値で赤色程度を、果皮色は $L \times |b/a|$ で緑色程度を示した。

水分: 1～2gの果肉を厚さ3～5mmのスライス状に切断し、マイクロ波乾燥水分計(アンリツ製)により測定した。

全糖: 果肉の80%エタノール抽出液を、0.1N塩酸で加水分解した。ソモジー法で定量し、0.95を乗じて全糖含量とした。

澱粉: 80%エタノール抽出残渣(以下A I Sと略す)を乾燥後、300mgを秤量した。4.6N過塩素酸10mlで抽出分解後、脱塩水50mlを加え、村上⁶⁾の方法に準じて定量した。

ペクチン質: A I Sを用い、水溶性ペクチン(以下W S Pと略す)、ヘキサメタリン酸ナトリウム可溶性ペクチン(以下P S Pと略す)と塩酸可溶性ペクチン(以下H S Pと略す)をそれぞれ抽出した。ただし、H S Pの抽出に当たっては、 α -アミラーゼとグルコアミラーゼを用いて澱粉の加水分解を行い、前もって、糖類を除去しておいた⁵⁾。各抽出液についてはカルバゾール比色法により定量を行い、ガラクトソン酸として示した²⁾。

α -アミラーゼ活性: 果肉5gに冷アセトン50mlを加え、2分間ホモジナイズし、ろ過し、さらに冷アセトンで洗浄して、アセトン粉末を得た。これに0.1Mリン酸緩衝液pH 5.8(CaCl_2 0.02%を含む)15mlを加え、20分間抽出した。ろ過し、ろ液を粗酵素液とした。この粗酵素液5mlを45°Cに保ち、青色デンプン(ネオ・アミラーゼテスト, 第一化学)1錠を加え、45°C, 30分間反応させた。0.5N NaOH 1mlで反応を止め、ろ過し

た。

620 nmにおける吸光度を測定し、アミラーゼ活性をOD/gで示した。

試験結果

果実の成熟に伴う果実重量と水分含量の変化(1987年, 1988年)を図1に示した。両年次とも、果実重量は開花後5日目より急増し、25日目まで増加し続けた。それ以後は目立った増加が認められなかった。25日目の果実重量は1987年が1.8kg, 1988年が2.4kgであり、この差は10～20日目にかけての果実肥大の差に起因した。水分含量は40日目まで減少傾向にあり、71.0%(1987年), 69.0%(1988年)に達し、その後増加し始めた。1987年の水分含量は1988年と比べて肥大, 成熟期間を通して高く推移し、特に増加に転ずる40日目以後は1988年との差が大きくなった。

果実の成熟に伴う澱粉と全糖含量の変化(1987年, 1988年)と α -アミラーゼ活性の変化(1988年)を図2に示した。各年次とも、澱粉含量は開花後40日目まで増加傾向にあり、19.2%(1987年), 21.8%(1988年)に達し、その後減少に転じた。1988年の澱粉含量は開花後20日目までは1987年よりやや低く推移したが、その後は終始高

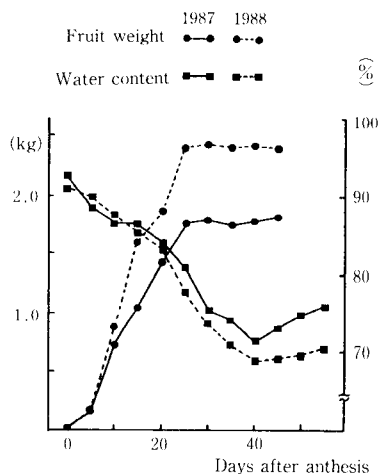


Fig. 1 Changes in fruit weight and water content of squash during maturation. Each point is the average of 4～5 samples from individual fruit.

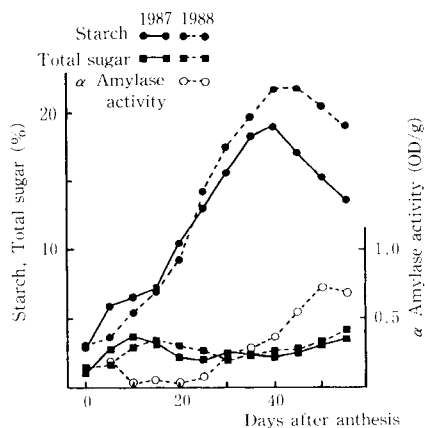


Fig. 2 Changes in starch content, total sugar content and α -amylase activity of squash fruit during maturation. Each point is the average of 4~5 samples from individual fruit.

く推移した。1987年の40日目以後の澱粉含量の減少が大きく、開花後55日目では40日目と比べて5.5%も低かった。なお、1988年の減少率は2.8%であった。

一方、全糖含量は開花後10~15日まで増加し、その後減少して1.9~2.4%で推移し、澱粉含量が減少し始める40~45日目から再び増加傾向を示した。 α -アミラーゼ活性(1988年)は20日目以後より高くなり、澱粉含量の減少と全糖含量の増加に転ずる時期に最も増加した。

成熟に伴う果肉色と果皮色の変化(1987年, 1988年)を図3に示した。果肉色の赤色はa値で示した。a値が5.0になる頃から果肉は赤みを帯び始め、a値の増加と果肉色の赤みの増加は対応していた。

果皮色の緑色は $L \times |b/a|$ の式より緑色程度を表わし、数値が低いほど緑色が濃いことを示す。果実の肥大に伴い果皮は緑色をやや増し、40日以後から果皮の緑色が薄れ始めた。25~45日目の果実において、肉眼からの観察では色調に差は認められなかった。加えて、果梗部のコルク状のヒビの発生についても観察を行った。25日目にコルク状のヒビを認めたが、個体差が大きく、ヒビの数や程度から熟度との関係は判然としなかつ

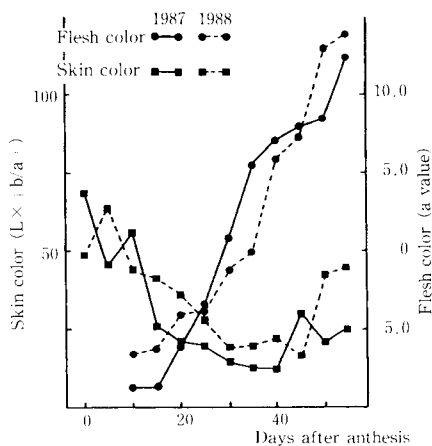


Fig. 3 Changes in flesh color (a value) and skin color ($L \times |b/a|$ value) of squash during maturation. Each point is the average of 4~5 samples from individual fruit.

た。

つぎに、成熟に伴うペクチンの変化(1987年)について検討し、その結果を図4に示した。PSPは果実の肥大・成熟期間を通して31~66 mg/100 gで推移した。WSPとHSPは共にほぼ等量で成熟に伴い増加傾向を示したが、40日目以後は増加が認められなかった。果実の成熟につれて、

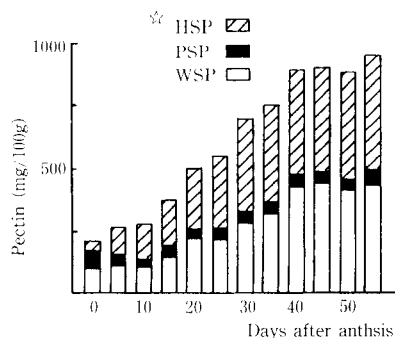


Fig. 4 Changes in pectin content of squash fruit during maturation (1987). Each point is the average of 4~5 samples from individual fruit.

HSP: Hydrochloric acid soluble pectin
PSP: Sodium hexametaphosphate soluble pectin
WSP: Water soluble pectin

全ペクチン含量は増加傾向を示したが、40日目以後は880~950 mg/100 gで推移した。

考 察

果実の主要成分である水分、A I S（澱粉と繊維質を含む）と全糖含量の合計値は果実の肥大・成熟期間を通して、97.0~98.5%を推移した（データ略）。残りの成分はタン白質・色素類などが考えられる。肥大・成熟に伴う成分変化において、特に澱粉含量の消長が顕著であった。澱粉含量は40日目まで増加傾向を示したが、それ以後は減少に転じた。一方、全糖含量は澱粉が減少に転じる頃より増加し始めた。また、 α -アミラーゼ活性も40日目以後から特に高くなっており、澱粉含量の減少と全糖含量の増加時期と一致した。このことは、全糖含量の増加が澱粉の糖化に起因することを示している。

40日目から55日目にかけての澱粉含量の減少は1987年で5.7%、1988年で2.8%であり、全糖含量の増加は1987年で1.3%、1988年で1.5%であった。また、水分含量の増加は1987年で5.0%、1988年で1.2%であった。このような成分変化は澱粉の糖化と内的呼吸に伴う水と二酸化炭素の生成に起因すると考えられる。すなわち、全糖含量の増加は澱粉の糖化による増加が呼吸による減少より上回っているためであり、水分含量の増加は呼吸に伴う水の生成によると考えられる。

ところで、1987年の澱粉含量の減少と水分含量の増加は1988年と比べて大きい、全糖含量の増加には大きな差が認められなかった。このことは1987年の果実呼吸が1988年より大きく、収穫後の果実品質にも大きな影響を与えていると推察される。これは環境条件の違いが澱粉分解酵素活性や呼吸になんらかの影響を与えたためと考えられ、今後、生育中の果実の澱粉分解酵素活性や呼吸が収穫後の果実品質に及ぼす影響について検討する必要がある。

今回の果実重量の結果では1987年で1.8 kg、1988年で2.4 kgであり、この差は10~20日目の果実肥大の差によるものであった。なお、両年とも果実重量は25日目以後増加が認められなかった。

Sinnott¹¹⁾によると、ウリ果実類は開花後5日頃までに細胞の分裂を終えてしまい、その後の果

実肥大は細胞の肥大によって行われると報告している。1987年と1988年の果実重量の差は果実を形成する細胞数か、またはその細胞の大きさの差によるのかは明らかではないが、少なくとも25日目までの環境条件が果実の大きさを決定することは確かである。一般に低節位の果実は小玉で変形果が多く、摘果が指導されていることから¹³⁾、開花時期の生育環境が収穫果重量に影響を与えていると考えられる。

すでに論じたように、果実は25日までに肥大を終えてしまうが、澱粉含量は引き続き40~45日目まで増加を示した。そのため25日目の果実は、果実の大きさでは40日目の果実と見劣りしないが、澱粉含量では40日目の2/3しか蓄積されていない。このことは単に果実の大きさで判断して収穫すると、未熟果の混入を招く危険性が強いことを示している。

そこで、外見からの熟度の指標として果梗部のコルク化状のヒビと果皮色の変化が考えられる。しかし、本試験では果実の熟度を適切に判定する指標にはなりえなかった。

ところで、カボチャと同じウリ科のメロンやスイカも外見からは熟度を判定しにくい、開花後からの積算温度や着果標識を指標とし、加えて、品種特性などを勘案して収穫時期を判断している¹⁰⁾。そのため、カボチャも同様に外見からの熟度判定が難しいことから、メロンなどのような熟度判定の工夫が必要である。

果実の肉質に係わる重要成分のひとつにペクチン質がある。その基本構造はポリガラクトuron酸の長鎖から成り、果実の熟度により量および存在形態が著しく変化することが知られている。本試験では飯野ら²⁾の方法に準じて、WSP、PSP、HSPの3つに抽出分画を行った。WSPは適当な糖や酸の存在下でゲル化する。PSPは不溶性ペクチンでカルシウムと結合しているが、カルシウムを除去することによって可溶化する。HSPは不溶性ペクチンであり、セルロースなどと結合して三次元網状構造を形成している。PSPとHSPのような不溶性ペクチンはプロトペクチンとも呼ばれている。一般に未熟の果実はプロトペクチンが多く存在するが、適熟から過熟へと果肉が軟化するに伴い、ペクチンエステラーゼやポリガラクトナーゼによりHSPは可溶化して減少

し、WS Pの増加することが報告されている⁴⁾。

カボチャの場合において、HSPとWSPは肥大・成熟期間を通してほぼ等量で推移し、澱粉含量が減少する40日目以後も、HSPの減少とWSPの増加は認められなかった。このことは澱粉の糖化する時期と果肉の軟化する時期が一致しないことを示している。すなわち、カボチャ果実の肥大・成熟期は澱粉等の充実に当てられ、いわゆる熟度の進行に伴う肉質の軟化、ペクチン質の量、形態変化が生じていないと推測した。

著者らは貯蔵中のカボチャの成分変化に関して既に報告⁸⁾している。すなわち、40～45日目の果実の収穫直後の食味は粉質感が強く、甘みは極めて乏しいが、貯蔵中、澱粉の糖化に伴い食味が向上し、さらに、貯蔵60日を過ぎる頃からは粉質感がなくなり、粘質感のある食味へと変化した。この頃より全ペクチン当りのHSPが減少し、果肉の軟化が認められた。一方、過熟果の場合、収穫時点ですでに澱粉の糖化が始まっているため、貯蔵中において食味が向上する時期は適熟収穫果に比べて早くなり、さらに果肉の軟化も早まると推察した。

以上の結果から、カボチャの収穫適期は果実成分の推移から考えてみると、次のような結論が得られる。「えびす」の収穫適期は長期貯蔵を目的とする場合、最も澱粉含量が高まっている開花後40日の果実が望ましく、年次や作型等から許容範囲は開花後40±5日と考えた。また、短期貯蔵用や加工用であれば、45日以後でもほぼ問題はないと考えられる。ただし、過度の過熟果は収穫時や貯蔵中において、果皮色の黄化が認められ商品性が劣化するため、注意が必要である。

本報では、北海道に広く普及している品種「えびす」を用いて試験を行ったが、さらに品種、産地、作型等が果実の肥大・成熟に与える影響について検討する必要がある。

謝辞：中央農業試験場相馬晩農芸化学部長、成田秀雄園芸部長、土肥紘主任研究員および宮浦邦晃野菜花き第一科長には本報告の御校閲と貴重な助言を頂いた。記して謝意を表わす。

引用文献

- 1) 北海道野菜地図編集委員会編。"北海道野菜地図(その13)"。北海道農協中央会、ホクレン。1990。p. 18.
- 2) 飯野久栄。"ペクチン"。食品分析法。食品分析法編集委員会編。光琳書院。1982。p. 440-445.
- 3) 近 真代、樺葉良之助。"カボチャのカロチノイド蓄積"。家政誌。39, 1059-1064 (1988)。
- 4) 真部正敏、坂根幸雄、樽谷隆之。"果実・そ菜の肉質に関する研究。I 果実・そ菜のペクチン含量とその性状"。香川大学農学報。26, 7-13 (1974)。
- 5) Mizuta, T.; Subramanyam, H. "Changes in Pectic and cellulosic constituents in Alphonso and Pairi mangoes (*Mangifera indica* L.) during postharvest ripening" Jpn. J. Trop. Agric. 21, 213-220 (1978)。
- 6) 村上 登、吉野 実、大島正男、塚原貞雄、川原崎裕司。"澱粉の定量法"。農研報告。B 4, 127-128 (1955)。
- 7) 長尾明宣、印東照彦。"貯蔵中のカボチャの成分変化"。北農。54 (11), 6-15 (1987)。
- 8) 長尾明宣、印東照彦、土肥 紘。"カボチャの収穫後の品質に及ぼすキュアリング条件と貯蔵温度の影響"。園芸学会誌(投稿中)。
- 9) Phillips, T. G. "Changes in the composition of squash during storage" Plant Physiol., 21, 533-541 (1946)。
- 10) 斎藤 隆。"蔬菜園芸学・果菜編"。農文協。1982。p. 302-313。
- 11) Sinnott, E. W. "A developmental analysis of the relation between cell size in cucurbits". Amer. Jour. Bot., 26, 179-189 (1939)。
- 12) Smittle, D. A.; Hayes, M. J. "Post-harvest quality changes in immature summer squash (*Cucurbita pepo* var. *condensa*)". Hortic. Res., 20, 1-8 (1980)。
- 13) 八鍬利郎。"北海道の野菜栽培技術(果菜・根菜編)"。農業技術普及会。1985。p. 165-166。

Studies on Changes in Components of Squash Fruit during Maturation to Determine Harvesting Time

Akinobu NAGAO* and Teruhiko INDOU*

Summary

In order to obtain the primary data for determining maturation of squash (*Cucurbita maxima* Duch.) fruit, changes in chemical components and weight accompanying maturation of cultivar "Ebisu" were studied. Starch content, total sugar content, pectin content, weight and α -amylase activity of fruit were examined at 5-day intervals beginning day of anthesis until 55 days after anthesis (daa).

Fruit weight increased rapidly until 25 daa, and thereafter, remained constant.

Starch content increased to reached a maximum at 40~45 daa, then decreased rapidly. On the hand, total sugar content and α -amylase activity were low during development. However, they began to increase from 40~45 daa. The result strongly suggest that the increase in total sugar content was associated with the decrease in starch content.

Total pectin content increased until 40 daa, and thereafter, was relatively constant at 880~950 mg/100 g. The ratio of hydrochloric acid soluble pectin to total pectin content in relation to softening of flesh was almost constant throughout maturation.

Judging from the components, the optimum harvesting time of "Ebisu" fruit seemed to be at 35~45 daa.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.