葉付き包装によるエダマメの品質保持

岩田 隆²・杉浦弘隆・白幡啓一

山形大学農学部 997 山形県鶴岡市若葉町

Keeping Quality of Green Soybeans by Whole Plant Packaging

Takashi IWATA, Hirotaka SUGIURA and Kei-ichi SHIRAHATA

*Faculty of Agriculture, Yamagata University,
Tsuruoka, Yamagata 997*

Summary

Green soybeans, immature seeds of *Glycine max* Merr., are widely used in Japan as vegetable and snack etc. Their quality, however, rapidly deteriorates after harvest. We suggested previously that the polyethylene packaging of whole plants with pods, leaves and roots, unlike such conventional shipping styles as packaging of pods with mesh bag or non-packaged bunch of plants without leaves, effectively prevents the deterioration of taste of beans and also external appearance of pods even at room temperature. In the present study, the effect of whole plant packaging (WPP) was confirmed and the various factors affecting the effect were investigated.

Whole plants of 'Shirayama-dadachamame' cultivar were packaged in low-density polyethylene bags of 0.03 mm in thickness and held at 20°C as standard WPP. As control materials, pods were packaged in perforated polyethylene bags. The changes in sugar content and free amino acid index (optical density of ninhydrin-positive 80 %-ethanol extracts) were used as the criteria of taste changes of beans.

WPP was very effective in keeping the external quality of pods. Although control pods discolored in 4–5 days at 20°C and became unsalable, those in WPP kept green more than a week. Packaging with bags of 0.04 mm in thickness was comparable in its effect to the standard packaging with 0.03 mm bags, but the effect of 0.06 mm bags was slightly inferior. Pinholes were made on 0.06 mm bags on the purpose to avoid possible excessive accumulation of CO₂ and/or depletion of O₂ resulting from using thick film. The effect of WPP with the pinholed bags decreased considerably in comparison with that of tight packaging, although it was evidently superior to the control. At 25°C, the effect of WPP on the external appearance was also obvious including liner packaging for bulk materials.

Contents of sugar and free amino acid in beans rapidly decreased within 1–2 days in control materials at 20°C, but the decrease was markedly retarded by WPP. Packaging of whole plants with perforated bags also retarded the decrease, but the effect was generally inferior to that with sealed bags. Sealing of whole plants from which the roots were cut off, or of branches with pods and leaves, showed somewhat uncertain effect as compared with sealing of complete whole plants. When all leaf blades were cut off from the plants, the effect was markedly reduced, and cutting of distal halves of every leaf blades proportionally reduced the effect. When the plants with wilted leaves were packaged, the effect of WPP was also markedly reduced. Packaging of whole plants with pinholed bags showed the effect to a certain extent, but was inferior to tight packaging in its effect on retarding the decrease of sugar and amino acid contents.

¹ 1982年1月18日受理

エダマメ収穫後の品質変化とその防止(第2報)

本研究を実施するに当たり、園芸振興松島財団より助成を受けた。

² 現在大阪府立大学農学部

WPP also exhibited an effect on retarding the hardening of beans.

Atmospheres inside the bags of WPP were determined. They showed approximate levels of 12% O₂ and 5% CO₂. Even inside the bags of 0.06 mm in thickness, almost similar levels were maintained throughout the holding period at 20°C. This mild CA condition might prevent the occurrence of gas injury, which had been previously found in the packaging of pods with 0.03 mm polyethylene bags.

緒 言

エンドウ、ソラマメと同じく未熟な豆を食用にするエダマメは、収穫後の食味の変化が急速であり、室温では1～2日で明らかな変化を生ずる。食味の低下は糖およびアミノ酸の急減が主因である(3)。この変化を抑制するには0°C付近の低温に保持するのが効果的であるが、エダマメをこのような低温で流通させるのは経済上实际的ではない。ところが、エダマメの莢を枝から離さず、葉も付けた植物体全部をポリエチレン袋に密封すると、室温においても糖の変化は緩慢であり、アミノ酸は減少せず、数日間には良好な食味を保つ効果があることをさきに報告した(3)。この方法を“葉付き包装”貯蔵と称することにすると、本報においては、同法の効果をさらに確認した結果、ならびに効果の発現に関係する諸要因を検討した結果を述べる。

材料および方法

山形県鶴岡市では古くから栽培され、風味のよいことで知られている“白山ダダチャマメ”を同地の栽培家より入手し、直ちに実験に供した。研究は1977～1979年にわたったもので、収穫期は8月中旬～下旬であった。

葉付き包装は、根も含めた全植物体(全株)を、0.03 mmの厚さの低密度ポリエチレン袋(65×85 cm)1袋につき数株を入れ、輪ゴムで密封したものを基本的な形態(標準区)とした。その他、根を切除した株を密封したもの、あるいは莢及び葉を付けた枝を密封したもの(枝の葉付き包装)も設けた。ライナー包装は19×30×100 cmのダンボール箱を用い、それに合わせた0.03 mmポリエチレン袋に全株40個体を包装した。針孔包装は厚さ0.06 mm、65×85 cmのポリエチレン袋に、100 cm² 当り10個の割合で太目の針(直径約1.2 mm)で孔をあけ、これに全株を包装した。他に0.04 mm及び0.06 mmの厚さのポリエチレン袋で全株を密封することも試みた。

葉の状態の影響をみるためには、各葉身の先端側1/2または全葉身(葉柄は残した)を切除した株、あるいは収穫後直ちに扇風機により室温の風を90分間送って十分にしおれさせた全株を密封包装した。

各処理は収穫後3時間以内に完了した。本材料の生産

地の収穫時の日平均気温は20～23°C、年によれば20°C以下であったので、20°Cに保持するのを基本としたが、一部は5°Cあるいは25°Cに保持して効果を調べた。ライナー包装の保持温度は25°Cとした。対照は莢を厚さ0.03 mm(26×39 cm)の有孔ポリエチレン袋に包装したものとし、直径6 mmの孔を片面に8個、両面で計16個あけた。

食味変化の日安としては前報の結果から、全糖及びアミノ酸含量の変化を用いた。豆(子葉部)は20(場合によっては10)莢から集めたものを80%エタノール中で磨砕し(10倍希釈)、3,000rpmで遠沈し、上澄を濾過した液を-20°Cで保存し適宜分析に供した。糖はこの抽出液2 mlを45°Cで减压乾固、水を加えて定容(多くは15 ml)とし、その2 mlを取って非還元糖を加水分解後、ソモギー法により分析した。アミノ酸は試料数が多いので分離定量せず、ニンヒドリンと反応する物質を測定した。前記抽出液1 mlに80%エタノールを50 ml加えたものから2 mlを取って直径3 cmの試験管に入れ、95%エタノール中0.2%のニンヒドリン溶液2 ml及び0.5% EDTA溶液0.1 mlを加えてかくはん、還流冷却器代用のカラス管を取付け、80°Cで正確に15分間加熱、水で急冷後直ちに570 nmの吸光度を測定し、この値を以て遊離アミノ酸含量の指標とした。

硬度はカードメーター(飯尾電機製)を用い、荷重200 g、直径0.5 mmのプランジャーにより子葉部を測定した。生材料についてはプランジャーの滑りを防ぐため、豆の腹部の表層約1 mmを切り取り、その切口を測った。また、莢のまま沸騰水中で5分間加熱したものについては、豆の表皮から貫入させ測定した。10反復の平均値を表示した。

実験結果

1. 葉付き包装による外観鮮度の保持

莢を有孔ポリエチレン袋に入れたもの(対照区)では、無包装に比べるとよく鮮度を保ったが、それでも20°Cでは4～5日が商品性の限界であった。第1表に示した20°C貯蔵1週後の状態をみると、対照区ではすでに黄化、黒変などで外観の劣化が著しく、カビの発生しているものもあった。これに対し、0.03及び0.04 mmポリ

Table 1. Effect of whole plant packaging on external appearance of green soybeans held for 1 week after harvest.

Holding temperature	Packaging	Pods		Leaves
		Condition	$L \cdot b / a ^*$	
20°C	Control [†]	Yellowing, browning, rotting. Unsalable	430	—
	Whole, sealed* (0.03mm)	Green, sound, partial browning of hair	208	Mostly green
	Whole, sealed (0.04mm)	Green, sound, partial browning of hair	—	Mostly green
	Whole, sealed (0.06mm)	Slight yellowing, sound, partial browning of hair	336	Mostly green
	Whole with wilted leaves*, sealed (0.03mm)	Slight yellowing, sound, partial browning of hair	—	Completely shed
	Whole, pinholed bag [‡]	Yellowing, partial browning of hair. Salable	392	Partially turn yellow and shed
25°C	Control [†]	Yellowing, browning, rotting. Unsalable	605	—
	Whole, sealed* (0.03mm)	Green, considerable browning of hair. Salable	178	Turn yellow and shed

* Hunter readings.

[†] Pods were packaged in perforated polyethylene bags (16 holes of 6 mm in diameter on 26×39 cm bag)

[‡] Whole plants with leaves, pods, and roots were sealed in polyethylene bags.

[§] Leaves were completely wilted with fans within 90 min. at room temperature before packaging.

[‡] Ten pinholes of 1.2 mm in diameter per 100 cm² of polyethylene film of 0.06 mm in thickness.

エチレン袋に葉付き包装した場合は、一部に莢表面の毛の褐変がみられたが、総体によく緑色を保ち、十分に商品性があった。0.06 mm の袋では莢に多少黄化がみられたが、上記とはほぼ同様で、対照区に比べ明らかにすぐれていた。

葉のしおれた株を密封 (0.03 mm) した場合も対照区に比べるとはるかによい状態を保ったが、健全な葉の標準区に比べて劣化が速かった。

なお、各区の葉の状態をみると、標準区では1週後もよく緑色を保ち健全な外観であったが、しおれた葉を密封した株では黄化し、1週後にはすべて落葉した。針孔包装区でもかなり黄化し、落葉するものがあった。

25°C に保った場合は、対照区 (さや有孔包装区) の劣化がさらに著しかった。葉付き包装では、1週後も莢は総体に緑色を保ったが、毛の褐変するものが多く、商品性を失わないまでも、かなり外観が損なわれた。葉もかなり黄化し、落葉するものがあった。ライナー包装は25°Cで行ったが、上記小袋包装とはほぼ同様であった (データ省略)。ただし、1週後には中央部の株の枝葉にカビの発生するものがみられた。25°C では、葉付き包装でも良好な外観を保つ期間は5日程度と思われた。

莢の表面色を測定すると、黄化に伴い L 値及び b 値が増大し、 a 値はマイナス域で絶対値が減少する。そこで $L \cdot b / |a|$ の値をとると、第1表に示すように、既述の劣化状態と相応する結果がみられる。しかし、褐変が進むと L 値の減少が起くるので、この値を一貫して劣化の指標とすることは適当でないと思われた。

Fig. 1. Effect of whole plant packaging on the changes of sugar and amino acid contents in green soybeans held at 20°C. (○) Whole plants with leaves and pods but without roots were sealed in a polyethylene bag (0.03mm). (△) Whole plants with leaves and pods but without roots were packaged in a perforated polyethylene bag (16 holes of 6mm in diameter on 65×85 cm bag). (●) Pods were packaged in a perforated polyethylene bag (16 holes of 6mm in diameter on 26×39 cm bag).

2. 葉付き包装による糖及びアミノ酸含量の保持

1) 葉付き密封包装と葉付き有孔包装の比較

葉付きの株 (根部切除) を 0.03 mm ポリエチレン袋に密封した場合と、有孔包装した場合を比較すると第1図のようであった。さやの有孔包装 (対照区) では、20°C 2 日で糖含量は収穫時の 1/4 以下、アミノ酸含量は 1/2 以下に減少するのに対し、葉付き密封包装では減少が著しく抑制され、糖は 80% 以上、アミノ酸は 95%

Fig. 2. Effect of whole plant packaging (0.03mm) on the changes of sugar and amino acid contents in green soybeans held at 5°C. Symbols are the same as in Fig. 1.

近くが保持され、7 日後においてもそれぞれ、54% 及び 69% を保っていた。有孔包装でも葉付きであれば糖及びアミノ酸の減少が緩慢であるが、密封には及ばず、ほぼ両者の中間の変化を示した。

5°C において同様の比較を3週間にわたって行った結果を第2図に示す。1 週後、対照区では糖、アミノ酸ともに 1/2 近くまで減少したが、葉付き包装では保持効果がみられた。糖ではその後、対照区がほぼ一定レベルを保ったのに対し、葉付き包装区では増加傾向を示し、また葉付きであれば有孔でも密封に劣らない効果を示した。アミノ酸では1 週後の保持率は密封区が有孔区に勝ったが、2 週後には葉付き包装の効果がなくなった。

2) 葉付き包装における根部の有無の影響

葉付き包装を行うに当たり、地下部を切除した方が取扱いに便利であるから、その有無が品質保持に及ぼす影響を調査した。繰り返し検討したところ、両者の間にはほとんど差のない場合もみられたが、多くの場合は根を付けた方が糖、アミノ酸の保持に効果的であった。第3図はその一例であるが、糖含量は根も含めた全株を密封

Fig. 3. Effect of whole plant packaging (0.03mm) on the changes of sugar and amino acid contents in green soybeans as affected by the presence of roots.

すると 20°C 2 日では全く変化なく、根を切除したものとの間にある程度の差がみられた。4 日、7 日と保持期間が長くなると両者の差は小さくなったが、後掲の第6図Ⅱにもみられるように、やはり、根を含めた全株包装が勝った。アミノ酸においても、一般に根付きの方がよく保持された。

3) 葉の状態が品質保持効果に及ぼす影響

品質保持に葉がどの程度の役割を持つかを調べた結果を第4図に示す。本実験では、全植物体を密封した区は糖、アミノ酸とも3日まで極めてよく保たれたが、葉身を全部切除（葉柄は残存）した株では急速な減少がみられ、また各葉身をすべて半分切除した株では減少程度がほぼ中間となった。葉はすべて付いているが、人為的にしおれさせたものでは品質保持効果が著しく低下した。ただし、対照区（3日後のみ測定）に比べると、全葉切除あるいはしおれ葉の株でも若干保持率が高かった。

4) 包装フィルムの厚さの影響

本研究は室温での品質保持を目的としているが、比較的温度が高い場合にガス障害が発生しやすいのではないかと考え、比較的薄い 0.03 mm のフィルムを主として使用した。しかし、この厚さでは破れやすい難点があるので 0.04 及び 0.06 mm のフィルムについても検討した。成分変化に及ぼす影響は第5図のとおりで、0.03 と 0.04 mm ではほとんど差がなく、0.06 mm では既述の外観と同様、成分保持効果も幾分劣る結果となった。

5) 針孔包装による葉付き包装の効果

強度を与えるために 0.06mm のフィルムを用い、CO₂ 過剰あるいは O₂ 不足になるのをさける目的で針孔包装

Fig. 4. Effect of whole plant packaging (0.03mm) on the changes of sugar and amino acid contents in green soybeans as affected by the presence of leaves. (○) Whole plants with leaves, pods and roots were sealed. (□) All leaf blades were removed before sealing. (△) Distal halves of every leaf blades were removed before sealing. (◇) Whole plants with wilted leaves were sealed. (●) Pods were packaged in a perforated bag.

Fig. 5. Effect of whole plant packaging on the changes of sugar and amino acid contents as affected by film thickness and pinholes. Ten pinholes of 1.2 mm in diameter were made per 100 cm² of film of 0.06 mm in thickness.

としてその成分変化をみた。その結果は第5図に示すように、20°C 2日後、糖含量は標準密封区に比べると若干劣ったもののよく保たれていた。しかし7日後には有孔包装区と変わらないまで減少した。アミノ酸含量は、密封区と莢有孔包装区の間レベルとなり、ある程度の保持効果がみられた。

6) 枝の葉付き包装の効果

株全体ではなく、莢及び葉を付けた枝を密封して効果をみたが、その2例を糖含量の変化について第6図に示す。同図ⅠとⅡの材料は同一品種であるが収穫年度が異なり、収穫時の糖含量もかなり異なったが糖の保持効果においても非常に差がみられた。第Ⅰ実験では枝の葉付き密封包装は、根を切除した全株包装にほぼ匹敵する効果を示したのに対し、第Ⅱ実験では前者が非常に劣る結果となった。ここには示さないが、アミノ酸についても同様な傾向であり、結局、枝の葉付き包装は効果が確実でないと思われる。なお、他にも繰り返し検討を行ったが、この効果の良否はとくに収穫時の糖含量と直接の関係は認められなかった。

3. 葉付き包装による豆の硬化の抑制

カードメーターを用いる貫入法により、豆の硬度の変化を測定した結果を第7図に示す。実際の食味は、莢の有孔包装区では20°Cで2~3日以上経過すると急速に硬化するよう感じられたが、カードメーターによる測定値ではそれほど顕著な上昇を示さなかった。したがって本測定手段は硬度を全面的に反映しているとはいえないが、それでも葉付き包装により生の豆、ボイルした豆とも硬化が抑制される傾向は明らかであり、これは食感と一致した。

4. 包装袋内のガス濃度

袋内のガス濃度を測定した結果の一部を第8図に示す。標準の0.03mmポリエチレン袋密封では、O₂濃度が20°C 2日以降は12%程度ではほぼ一定し、CO₂濃度

Fig. 6. Effect of packaging of branches with leaves and pods on the change of sugar content in green soybeans.

Fig. 7. Effect of whole plant packaging on the hardening of green soybeans. Hardness was determined by Curd-meter using a plunger of 0.5 mm in diameter and 200 g load.

Fig. 8. Changes in oxygen and carbon dioxide concentrations inside the bags of whole plant packaging.

は2日後で3%, 3日後で6%に達し、以後は5%内外となった。0.06 mmの厚い袋内ではO₂濃度が3日後に7.5%まで低下したが、7日後には13%近くに上昇し標準と同程度となった。CO₂濃度も総体に0.03 mm標準袋と大差がなかった。針孔包装ではO₂濃度が14%, CO₂濃度が2~3%であった。

考 察

エダマメを葉付き包装すると室温において顕著な品質保持効果のあることは既報のとおりであるが、本実験では莢の緑色保持、糖及びアミノ酸の減少抑制に加えて、豆の硬化抑制にも効果のあることが認められた。ただし、前報では葉付き包装によりアミノ酸(厳密にはニンヒドリンに反応する80%アルコール抽出物)が減少せず、むしろ増加の傾向にあると述べたが、その後の多くの測定結果では減少する場合も少なくなかった。しかし、本法による保持効果が、アミノ酸において糖以上に顕著なことは明らかであった。なお、5°Cの低温に比較的長期間貯蔵することも試み、やはり効果のあることを認めたが、対照区との差は20°Cにおけるほど顕著ではなかった。20°Cでは対照区の変化が急激であるから、相対的に効果がより大きく現れたものといえよう。

生鮮青果物のポリエチレン袋密封は、その高湿ならびにCA的環境において、鮮度を保ち、成分変化を抑制する効果のあることはよく知られている(4)。エダマメの葉付き包装の効果もその密封環境によるところが少なくないことは、前報(3)で莢のみをポリエチレン袋に密封貯蔵した結果からも明らかである。しかし、莢密封包装では成分変化をかなり抑制できても、外観の保持に難点があり、ガス障害が起こるので、保存期間は室温では2~3日の短時日に限られる。その点、葉付き包装ではガス障害がなく、より長時間の保存が可能である。

葉付き包装では、密封の効果のみならず、“葉付き”すなわち葉その他の器官の存在も成分変化の抑制に効果があることは、葉付き有孔包装がさや有孔包装より成分変化の少ないこと(第1, 2, 6図)、ならびに葉の役割に関する検討(第4図)からも明らかである。

葉の役割の大きいことは、全葉を切除した株の包装では品質保持効果が著しく減少すること、半分切除したものではその効果が中間的になることによって知られる。しかし、葉以外の器官もある程度の貢献をするように、根を切除した株、あるいは枝の葉付き包装は全株の密封包装に比べて効果が劣った。また葉のしおれた株の包装では顕著に効果が減じたが、この場合は短時間(90分)内に温和な条件で人為的にしおれさせたものであるから、この処理による何らかの物質に変化を生じたと

みるよりも、莢(豆)と他器官との交流に支障が生じた結果ではないかと思われる。いずれにしても葉付き包装の現れる機作に関係すること、これについては他の検討結果とも併せて次報で考察したい。

袋内ガス組成を測定した結果は、予想外にO₂濃度が高くCO₂濃度が低いものであった。前報では莢を0.03 mmポリエチレン袋に密封した場合を報告したが、それでは20°C 1日でO₂が5%以下、CO₂が17%以上に達したのに対し、本実験では0.03 mmポリエチレン袋に密封した標準区で、20°C 2日以降7日までを通じてO₂が12%以上、CO₂が6%以下を保った。0.06 mmにおいても、CO₂は同水準であり、O₂も7%以上を示した。これは、莢のみを包装した場合に比べ空隙率が著しく高いことに主因があると思われる。いずれにしても、このためガス障害を避けることができるとともに、密封に加えて“葉付き”であることが品質保持上重要な要因になっているといえよう。

現在エダマメの出荷は莢を網袋に入れるような荷姿が多くなりつつあるが(1)、従来からの枝付き無包装の出荷もなお多くの産地で行われている。この無包装の枝付きは、品質保持に何らかの効果があるように考えているむきもあったが、実際は何の効果もなく、むしろ、莢を有孔ポリエチレン袋に入れて湿度を保つ方が勝る(2)。また、枝付きとするため生産者が、出荷時に葉を除去する作業はかなりの時間と手間を要するため、本法のように株全体をそのまま密封包装して出荷することになれば、生産者の労が省け、簡易に常温で食味のよいエダマメを消費者に提供できることになる。輸送及び後始末に問題があるので大都会向きではないが、利用できる場面もあるのではないかと思われる。

摘 要

エダマメは収穫後の食味・外観の劣化が速いが、莢を離さずに、全植物体(全株)をポリエチレン袋に密封する“葉付き包装”によって品質が保持されることをさきに報告した。本報はその効果を確認するとともに、効果の発現に関係する諸要因を検討したものである。

品種は‘白山ダダチャマメ’を用い、全株を0.03 mmの低密度ポリエチレン袋に密封し、20°Cに保持するのを葉付き包装の基本とした。対照区は莢を有孔ポリエチレン袋に詰めた。食味変化の目安としては全糖含量及び遊離アミノ酸指標(ニンヒドリンに反応する80%アルコール抽出物)の変化を用いた。

莢の外観は、対照区が20°C 4~5日で変色し、商品性が失われたのに対し、0.03 mmポリエチレン袋の葉付き包装では1週間以上よく緑色を保持した。0.04 mmで

も同様であり、0.06mmの袋では若干劣ったが対照区よりはるかに勝った。全体を針孔包装したものは対照区より良好であったが、密封包装に比べ劣化が速かった。25°Cにおいても葉付き包装の外観保持効果は明らかで、ライナー包装も有効であった。

対照区の糖及びアミノ酸は1〜2日で急減したが、それらの減少は葉付き密封包装によって顕著に抑制された。また葉付き有孔包装によっても抑制されたが、密封包装には及ばなかった。根を切除した株、あるいは莢及び葉を付けた枝の密封は、全植物体の密封に比べ効果が不確実であった。葉身を全部切除した株では著しく効果が減じ、各葉身の1/2を切除した株では効果が半減した。しおれた葉の株では、葉付き包装による成分保持効果が減少した。葉付き針孔包装もある程度の効果を示したが、密封包装より劣った。

葉付き包装は豆の硬化抑制にもある程度有効であった。袋内のガス濃度は、O₂が12%、CO₂が5%程度であり、0.06mmの袋でもほぼ同水準であり、温和なCA条件であった。このため、莢のみを密封したときにみられるガス障害を回避できるものと思われた。

引用文献

1. 秋元浩一・黒田佐俊. 1981. 生鮮エダマメのフィルム包装と品質. 園学雑. 50, 100—107.
2. 岩田 隆・白幡啓一. 1976. エダマメの貯蔵に関する研究(第1報)脱気およびガス処理の効果について. 園学要旨, 昭51秋: 314—315.
3. 岩田 隆・白幡啓一. 1979. エダマメ収穫後の品質変化とその防止(第1報)品質変化に関係する要因とガス組成及び葉付き包装の効果. 園学雑. 48: 106—113.
4. 樽谷隆之. 1977. プラスチック包装貯蔵. 緒方邦安編 青果保蔵汎論. p.183—194. 建帛社. 東京.