

京都特産黒大豆の枝豆利用に関する研究

南 出 隆 久・ 畑 明 美

Quality Evaluation and Storage Stability of Black Beans (*Glycine Max Merrill Forma Kuromame Makino*) for Green Soybeans (Edamame) Produced in Kyoto Prefecture

TAKAHISA MINAMIDE and AKEMI HATA

Black beans (*Glycine max Merrill forma Kuromame Makino*) are used to make Nimame (seasoned boiled beans) and their taste and texture are preferred in Japan. There are many cultivars of black beans and 'Shin-tanbaguro' is one of the main cultivars in Kyoto. In this paper, 'Shin-tanbaguro' is used to evaluate its availability for green soybeans (Edamame).

The optimal harvest periods for edamame ranged from 60 to 65 days after flowering. The seed volume and weight was larger than yellow and green beans. The seeds of a pod contained mainly one and two. The chemical compositions were high total sugars, free amino acids and ascorbic acid contents in 'Shin-tanbaguro'. Total sugar and free amino acids contents were decreased with storage after harvest. The seed coat color turned green to purple with heat treatment. The hardness of cotyledon with good texture and acceptable taste was about 0.7 to 0.9 kgf and cooking time obtained for 20 min with boiling water contained 0.5 % NaCl. Our results indicate green beans of 'Shin-tanbaguro' may contribute to fresh vegetables and snack materials.

(Received August 10, 1991)

1. 緒 言

大豆は、転作作物として全国で栽培されるようになり生産量は増加しているが、需要はそれほど伸びていない。この様な現状において、大豆の需要拡大を図るため、各産地ではこれまであまり重要視されなかった地方特産の品種の発掘や新形質大豆の導入などがなされている。前報⁹⁾では、昭和 63 年(1988)に新品種として登録された「オオツル」や京都府下で栽培されている青大豆について、生食あるいは加工枝豆として利用する場合の品質特性と取り扱いについて報告した。

枝豆は、スナックとして主に消費されているが、完熟大豆に比べ、糖、アミノ酸などの風味成分や、ビタミン、ミネラルを豊富に含有しているなど、野菜としての特性をも兼ね備えている。しかし、収穫適期が短

く、収穫後の取り扱いの如何によっては品質の低下をきたす^{1,3,6)}。

本研究では、京都府下で古くから栽培されて、煮豆として優れた特性を持っている黒大豆(「新丹波黒」)を用い、従来の成熟大豆としての利用ではなく、未熟な段階で収穫し、枝豆として利用する場合の品質や収穫後の品質変化について調べ、黒大豆の利用範囲の拡大について検討した。

2. 試料および実験方法

1) 試料

本実験に用いた試料は、京都府園部町で栽培した黒大豆、品種「新丹波黒」を枝豆に適した熟度で収穫したものである。産地間による比較は、同品種を亀岡市

ならびに宇治田原町で栽培した。品種間による比較を行うため、黄大豆「オオソル」、青大豆「井手町在来」は、前報と同様京都府宇治田原町産のものを実験に供した⁵⁾。

2) 試料の調整

収穫した大豆5株は、すべての莢を採取し種子数により分け、以下の実験には2粒入りの莢を用いた。貯蔵実験は、収穫適期と判断した熟度のもの500gを厚さ30m μ の有孔低密度ポリエチレン袋に入れ、口をゴムバンドで軽く閉じた状態で5℃と20℃に貯蔵した。

3) 莢ならびに種子表面色の測定

試料の表面色の測定は、大豆の莢、種子、種皮を除いた種子について前報に準じ測色色差計(日本電色工業, Z-100/OP型)により行い、緑色度を示す*a値で比較した⁵⁾。

4) 水分, 糖, アミノ酸, アスコルビン酸, クロロフィルの測定

子葉を用い前報に準じ測定した⁵⁾。

5) アントシアンの測定

種皮からのアントシアンの抽出は、クエン酸ナトリウムと塩酸緩衝液を用いpH 2.0とpH 3.4でそれぞれ抽出し、500nmにおける吸光値の差により測定した。

6) 灰分ならびにカリウム(K), マグネシウム(Mg), カルシウム(Ca), 鉄(Fe)の測定

灰分は、磁製容器に粉末試料を入れ550℃で灰化し測

定した。K, Mg, Ca, Feの各ミネラルは灰化試料を原子吸光法により定量した。

7) 破断強度の測定

大豆の組織硬度は、種皮を除いた子葉をクリープメーター(山電レオナ RE-3305)により測定した。試料の調製は、生鮮物は子葉半分を内部を下にして試料台に乗せた。加熱時間による硬度の変化は、莢のまま10倍量の沸騰した0.5%食塩水に入れてゆで、時間毎に一定量取り出し冷水で2分さらしたものを、生鮮物同様種皮を除いた子葉を用いた。プランジャーの直径は5mm、試料はあらかじめ10gの荷重を加えた後、1mm/秒のスピードで荷重を加え、そのときの破断強度を求めた。プランジャーの貫入は、試料の厚さの-0.5mmとした。

8) 呼吸作用の測定

収穫後の呼吸作用を調べるため、試料200gを2時間デシケータに密封し、生成された二酸化炭素(CO₂)をガスクロマトグラフィー(島津GC-3A)により測定した。カラムはポラパックQを充填した1m(内径:3mm)のステンレスカラムを用い、40℃で分析した。

3. 結果ならびに考察

1) 黒大豆の成熟に伴う生理・化学的变化

黒大豆は、そのほとんどが煮豆として利用されているが、最近枝豆としても食用に供されるようになった。

Table 1 Effect of maturity on physical and chemical components of soybean(Shin-tanbaguro)

Components	Days after flowering		
	55	60	65
Seed weight (g/100 seeds)	113	138	141
Seed number of a pod (%)			
	0	9.5	15.7
	1	44.6	7.9
	2	39.9	45.2
	3	0.4	0.7
Seed color: cotyledon(Hunter *a)	-9.6	-6.8	-6.4
: seedcoat(Hunter *a)	-12.2	-5.8	2.1
Moisture (%)	76.3	70.0	68.9
Total sugars (mg/100gfw)	2460	2420	2070
Free amino acids (mg/100gfw)	754	591	472
Ascorbic acid (mg/100gfw)	46	31	31
Total chlorophyll (mg/100gfw)	4.5	1.8	2.2
Anthocyanins (OD 500nm)	0.05	0.28	0.57
Ash (g/100gfw)	1.8	1.9	2.1
Potassium (mg/100gfw)	493	546	598
Magnesium (mg/100gfw)	91	85	84
Calcium (mg/100gfw)	22	25	27
Iron (mg/100gfw)	2.2	1.9	1.8

Green soybeans were harvested at Sonobe district

Table 1は、京都府下で栽培されている黒大豆の一品種である「新丹波黒」の生育による種子重、莢の充実状態、種皮と種皮を除いた子葉の表面色、ならびに数種化学成分について調べたものである。

実験に用いた黒大豆は、開花後55日のものは種子重量は軽く、しかもこの時期では60%弱はまだ種子が入っていないか1粒莢であった。一莢に2粒入っているものの化学成分は全糖、アミノ酸、アスコルビン酸とも成熟したものより多く含有していた。種子の緑色は子葉、種皮とも強く、子葉のクロロフィル含量も多かった。しかし、種子の成熟に伴い生ずる種皮の黒色化は、この時期ではまだ見られておらず、アントシアン含量も極わずかし検出されなかった。灰分とK, Mg, Ca, FeなどのミネラルはK, Caは未熟なもので少なく、Mg, Feは逆に成熟に伴い減少傾向にあった。

開花後65日の黒大豆は、種子も成熟し75%程度が2粒であった。種皮は緑色から暗紫色になり枝豆としての緑色がなくなっていた。しかし、子葉は開花後60日のものとほとんど変わらない緑色を示していた。枝豆としての風味を構成する全糖やアミノ酸含量は、成熟とともに減少し、全糖は2.1g、アミノ酸は472mgと

開花後55日のものに比べ、約16%と37%それぞれ減少していた。アスコルビン酸も約33%減少しており化学成分の動向からみると開花後65日の黒大豆は成熟が進み、枝豆として多少品質の悪いものと思われた。さらに、この時期になると種皮が黒色になり始め、アントシアンも増加してくることから、枝豆としての美しい緑色は期待できない。

このことから、黒大豆の枝豆としての最適の熟度は、開花後60日から65日前後と考えられるが、一莢あたりの種子数が1と2粒が同率と十分成熟していないので、販売するには少なくとも1莢2粒のものを選別しなければならない。この操作は大変で、従来の方法でネット詰めするには多少風味が低下しても開花後65日のものを収穫することになる。莢を除いて種子だけ利用する方法だと1粒、2粒などは関係ないので風味のよい熟度の大豆を収穫すればよく、利用形態に応じて収穫適期を選ぶ必要がある。

2) 黒大豆の産地間における品質の相違

つぎに、産地間における品質の差異について調べた。結果はTable 2に示したように、同じ開花後の日数で比較すると種子重量で園部産が田辺産に比べ優ってお

Table 2 Effect of harvest locality on physical and chemical components of green soybean (Shin-tanbaguro)

Components	Locality		
	Tanabe	Kameoka	Sonobe
Seed weight (g/100 seeds)	133	137	141
Seed number of a pod (%)			
0	18.4	11.3	15.7
1	38.6	48.9	7.9
2	42.2	39.1	74.7
3	0.8	0.7	1.7
Cotyledon color (Hunter ka)	-6.9	-6.2	-6.4
Moisture (%)	69.8	71.1	68.9
Total sugar (mg/100gfw)	2750	2800	2070
Free amino acids (mg/100gfw)	502	450	472
Ascorbic acid (mg/100gfw)	26	26	31
Chlorophyll (mg/100gfw)	2.2	1.8	2.2
Ash (g/100gfw)	1.9	1.7	2.1
Potassium (mg/100gfw)	552	531	598
Magnesium (mg/100gfw)	84	84	84
Calcium (mg/100gfw)	38	41	27
Iron (mg/100gfw)	1.7	1.5	1.8

Green soybeans were harvested 65 days after flowering

り、莢当りの種子数も多いことがわかった。全糖、アミノ酸含量は、田辺産のものが多く、亀岡産も全糖含量の高いことから、園部産が田辺や亀岡産より多少熟

度が進んでいるものと思われる。無機成分には産地間における明かな差はみられなかった。

今回の実験では、豆の成熟に及ぼす積算温度は測定

Table 3 Physical and chemical components of freshly harvested green soybeans

Components	Cultivars		
	Otsuru	Ide-cho zairai	Shin- tanbaguro
Seed coat color	Yellow	Green	Black
Days after flowering	60	63	65
Pod weight (gfw/100 pods)	277	288	435
Seed weight (gfw/100 seeds)	84.1	80.6	141.3
Seed number of a pod (%)			
	0	6.6	6.4
	1	33.2	24.5
	2	52.6	67.5
	3	7.6	1.6
Cotyledon color (Hunter #a)	-8.5	-8.5	-9.6
Moisture (%)	63.5	60.7	68.9
Total sugar (mg/100gfw)	1930	2000	2500
Free amino acids (mg/100gfw)	187	174	472
Ascorbic acid (mg/100gfw)	25	20	31
Total chlorophyll (mg/100gfw)	1.8	3.3	2.2
Ash (g/100gfw)	2.5	2.5	2.1
Potassium (mg/100gfw)	609	711	598
Magnesium (mg/100gfw)	86	130	84
Calcium (mg/100gfw)	41	58	27
Iron (mg/100gfw)	1.8	2.2	1.8

していないので明確なことは言及できないが、これらの産地間における差異はそれほどないものとする。

3) 黒大豆, 黄大豆, 青大豆枝豆の品質特性

前報では、黄大豆、青大豆を枝豆として収穫した時の品質について報告した⁵⁾が、黒大豆とその品質について比較したのが Table 3 である。

三品種の中では、黄大豆の「オオツル」が枝豆として早く収穫でき、青大豆、黒大豆の順であった。種子重量は、黒大豆が大粒で黄大豆の約 1.6 倍であった。一莢あたりの種子数は、枝豆として好まれる 3 粒は何れの品種も少なく、ほとんどが 1, 2 粒であった。しかし、この中では黒大豆は 2 粒が多くを占めていた。種子の充実度は、Table 1 から明らかのように生育段階でかなり変わることから、枝豆としての品質評価として種子重量だけでは不確定要素である。

種子の緑色度は、黄大豆、青大豆とも美しい緑色をしているが、黒大豆はアントシアンの生成がこの時期より始まることから、暗緑色に変化してくる。後述するように、この大豆を枝豆としてゆでると一層黒くなり、初めて食べるものにとっては、従来の枝豆と違った評価をもたらすことになる。子葉の緑色度やクロロ

フィル含量は他の大豆とほとんど変わらないことから、種皮のアントシアニン生成が枝豆として収穫する時期よりも少し遅れるような品種の選定が必要である。

風味に関与する全糖、アミノ酸含量は、黒大豆が多く、アスコルビン酸も緑大豆に比べると 1.5 倍多く含有していることがわかった。無機成分は、何れも他の品種に比べ少ない傾向にあった。

これらの結果から、黒大豆は 1 粒あたりの種子が大きく、重量もあり、しかも全糖、アミノ酸、アスコルビン酸を多く含むことから、これまでの枝豆に比べて肉質、品質ともに優れているものと考えられる。

4) 黒大豆の収穫後における呼吸作用, 全糖, アミノ酸, アスコルビン酸含量の変化

枝豆は、エンドウ、スイートコーン、ソラマメなどと同様未成熟な状態で収穫することから、収穫後も生理作用は活発で、それに伴う物理・化学的变化が顕著に発現する。このことは、収穫後の品質保持が困難であることを示している。伊東らのエンドウを用いた収穫後の糖含量と風味の変化の報告によると、収穫後 20℃ に 1 日保存するだけで全糖は 5 分の 1 となり、風味の評価も悪くなった。しかし、1℃ に貯蔵したものでは数

日は糖は減少せず風味も保持できるとしている²⁾。

この収穫後における、糖の減少は、エンドウ、スー
トコーンでみられる糖からデンプンへの代謝によるも
ので、それに伴う組織の硬化現象が風味の低下を引き

起こしているものと考えられる⁷⁾。

そこで、黒大豆のやや未熟な開花後 60 日のものを用
い 5℃ と 20℃ に貯蔵し、呼吸活性、全糖、アミノ酸、
アスコルビン酸の変化を調べた (Table 4)。収穫当日の

Table 4 Changes in respiration and total sugars, free amino acids, and ascorbic acid contents of green soybean seeds (Shin-tanbaguro) during storage at 5 °C and 20 °C

Composition	Days in storage							
	5°C				20°C			
	0	3	5	7	1	2	3	5
Respiration (CO ₂ mg/kg/hr)	112	27	21	20	108	83	74	27
Total sugars (g/100gfw)	2.4	2.0	1.7	0.9	2.2	1.5	1.1	1.0
Free amino acids (mg/100gfw)	591	494	435	407	462	369	350	248
Ascorbic acid (mg/100gfw)	31	43	29	20	26	30	39	23

Green soybeans (60 days after flowering) were harvested at Sonobe district. The beans were packaged in 30 um polyethylene bags with perforations.

呼吸活性は、CO₂排出量で調べたところ 112 mg/kg/hr
とかなり多く、20℃貯蔵の場合呼吸は減少するものの、
貯蔵 3 日まではかなり高い値を維持していた。全糖量
は、貯蔵 3 日にかけて 50 % 減少しており、本実験では
デンプン含量の動向を調べていないが、減少した全糖
はデンプンや呼吸基質として代謝されたものと推察され
る。アミノ酸は、全糖同様貯蔵に伴い減少しており

その程度は、貯蔵 1 日から 2 日にかけて急減していた。
アスコルビン酸はこれら 2 成分とは異なり貯蔵 3 日
にかけて増加した。アスコルビン酸の収穫後における増
加現象は、ミツバやハウレンソウでみられるが⁴⁾、マメ
類での報告がない。この点については、今後の研究を
待たねばならないが、アスコルビン酸の基質になるグ
ロン酸はグルコースの代謝系であることから、全糖の

Table 5 Firmness and Hunter *a values of seed tissues of soybeans during cooking for 30 min at 100 °C

Cultivars	Seed tissues	Boiling Time (min)					
		0	5	10	15	20	30
Shin-tanbaguro	Pod	-6.2	-3.8	-0.9	-0.7	-0.2	1.3
	Coat	-4.1	-1.0	2.1	2.4	3.1	2.7
	Cotyledon	-12.8	-11.2	-11.1	-10.9	-9.5	-8.3
	Firmness (kgf)	3.1	2.4	1.2	1.3	0.9	0.5
Otsuru	Pod	-9.0	-8.1	-5.2	-4.6	-3.1	-2.4
	Coat	-10.2	-11.0	-10.4	-9.3	-8.3	-7.3
	Cotyledon	-11.4	-10.8	-11.2	-10.3	-9.8	-8.1
	Firmness (kgf)	4.7	1.3	1.0	0.8	0.9	0.7

Shin-tanbaguro and Otsuru soybean were harvested at Sonobe and Kameoka district, respectively.

Soybeans were cooked in 0.5 % NaCl solution at 100°C up to 30 min

The boiled beans were leached in 10 volumes of water for 2 min.

減少と何らかの関連性があるものとする。

一方、5℃貯蔵した黒大豆は、前報の黄大豆と同様全糖、アミノ酸含量とも貯蔵に伴い漸減傾向にあったが、アスコルビン酸は3日にかけて増加し、その後急減した。呼吸活性は、貯蔵期間を通じてほとんど変化がみられなかった。

外観からみた黒大豆の鮮度は、5℃ほど保持されているが、風味成分である全糖、アミノ酸は長期間保持できないことがうかがわれる。

5) 黒大豆の種子表面色ならびに硬度に及ぼす加熱時間の影響

黒大豆を枝豆として利用する場合、種子の表面色の生育に伴う緑色から黒色への変化は、消費者の嗜好評価にマイナスの要因となる。そのため、収穫をやや未熟な段階でおこなわなければならないが、種皮がまだ緑色であっても、ゆでている過程で種皮が暗紫緑色になることがわかった。

Table 5は、開花後60日の黒大豆を0.5%食塩水で30分間ゆでたときの莢、種皮、子葉の緑色変化をHunter *aで示し、黄大豆「オオツル」の未熟大豆と比較したものである。黒大豆の莢の緑色程度は、収穫時は莢の表面に多くの褐色の毛茸がはえているため、やや黄褐色にみえるが「オオツル」と比べて*a値は少し低い値を示した。加熱時間の経過に伴いだいに黄褐色になり、30分の加熱では、ほとんど緑色は残って

いなかった。*a値もマイナスからプラスに転じた。それに比べ「オオツル」は、*a値はしだいにプラスになっていくが、30分でも黒大豆を10分ゆでたものより高い値を保持していた。莢の緑色の変化以上に種皮の変化が黒大豆で顕著にみられた。表からも明らかのように、10分の加熱で種皮の*a値はプラスになり、外観は暗紫色に変わり加熱時間の進行とともにより黒くなった。この変化は、種皮だけにみられる現象で、子葉は「オオツル」とほとんど同じで、莢よりも熱に対するクロロフィルの安定性の高いことを示していた。

このように、黒大豆でみられる種皮の変色は、この熟度からアントシアンの生成が始まっていることを示すもので、外観では判断できないので問題である。開花後65日以降の成熟したものでは、莢の表面も褐色になるので判定できる。この加熱による暗紫色の発現防止方法についてはさらに検討する必要がある。

黒大豆は、上述したように種子が大きく、肉質が厚いのでこれまでの枝豆よりも食べごたえがあるといわれている。0.5%食塩水でゆでたときの、子葉の硬さをレオメータで測定したところ、歯ざわりがちょうどよいのは、0.7 - 0.9 kgfで、黒大豆の加熱時間は20分、黄大豆は15分程度であった。

黒と黄大豆のテクスチャーの相違を15分加熱したもので比較したところ(Fig. 1)、破断曲線からも明らかのように黒大豆は組織中心部が複雑な波形を示してい

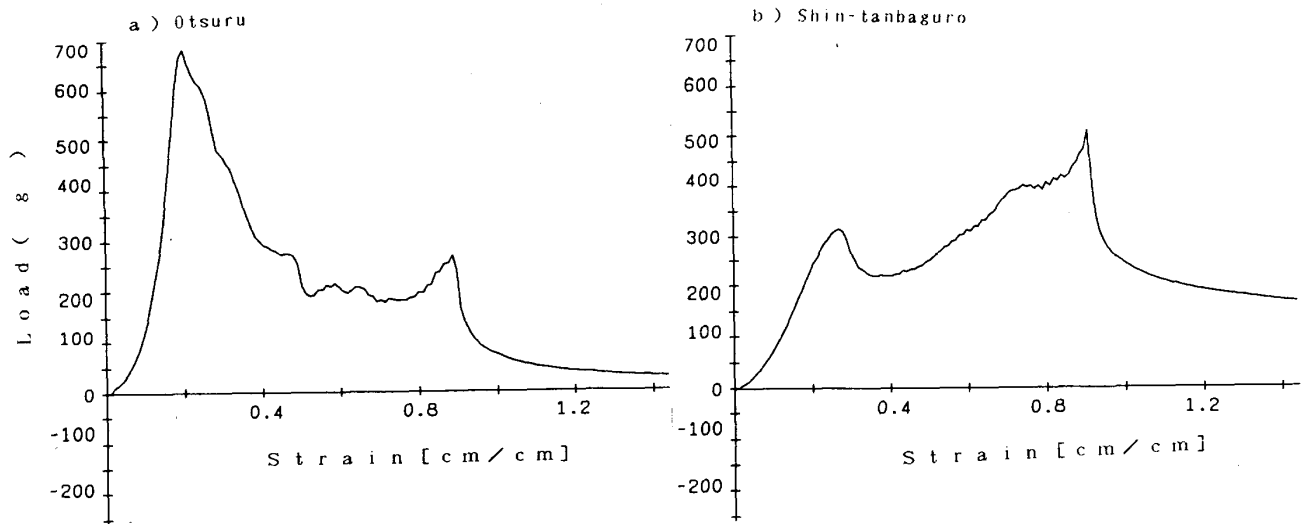


Fig. 1 Diagrams of compressive load-time curves of green soybeans

a) Otsuru cv. b) Shin-tanbaguro cv.

Green soybeans were cooked in 10 volumes of 0.5% NaCl solution at 100 °C for 15 min and were leached in 10 volumes of cold water for 2 min.

ることからこれが触感の違いとして現れるものと推察できるが、この点については今後の検討課題である。

4. 要 約

黒大豆は主に煮豆用途として使用されているが、その風味や触感から枝豆として最近食用に供されるようになった。しかし、従来の枝豆用品種と比べどの様な特性を持っているのかについての詳細な研究がみられない。本研究では、京都府下で栽培されている黒大豆を用い枝豆としての収穫適期とその品質について調べるとともに、収穫後の鮮度変化ならびに枝豆としてゆで操作で生じる種皮の変色について検討した。

黒大豆の枝豆としての収穫適期は、開花後約60~65日であった。一莢あたりの種子数は1あるいは2粒が多く、不揃いであるが、種子は大きく、重いのでテクスチャーの点で優れている。風味を構成する糖、アミノ酸、それに栄養成分であるアスコルビン酸(ビタミンC)は、他の大豆よりも多く含有していた。カリウム、マグネシウム、カルシウム、鉄などのミネラルは黄大豆に比べむしろ少ない傾向にあった。

収穫後は、他の大豆と同様呼吸作用も活発で、糖、アミノ酸などの風味成分は貯蔵温度が高いと急減するが、5℃の低温でもそれほど長期間品質の保持ができないことがわかった。

枝豆としてゆで操作をすると加熱時間が進むにしたがい、種皮が暗紫色になり外観評価の低下をもたらした。

これは、枝豆に適した熟度から種皮でアントシアンの生成が生じることによるもので、変色防止には、収穫適期の正確な把握とゆで操作の改善が必要である。

本研究にさいし、試料の提供ならびに多大なご助言をいただいた京都府園部農業改良普及所、京都府農業総合研究所、田辺農業改良普及所の各位に厚くお礼申し上げます。

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) 伊東卓爾・岩田 隆・緒方邦安, 1972, コールド・チェーンにおける青果物の品質保持と温度許容度に関する研究(第2報)園学雑, 41:223-230
- 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) 南出隆久・岩田 隆, 1981, コールド・チェーンにおける青果物の品質保持と温度許容度に関する研究(第6報)食品と低温, 7:11-16
- 5) 南出隆久・畑 明美, 1990, 枝豆の品質に及ぼす収穫時期と貯蔵温度の影響 京府大学報(理学・生活科学)41:23-28
- 6) 生野世方子, 1987, エダマメの品質保持に関する研究 家政誌, 38:1057-1062
- 7) 生野世方子・山内直樹・山本照子・芥田暁栄, 1990, 購入時期の相違による実エンドウの品質と貯蔵性日食低温誌, 16:11-16

SCI.REP.KYOTO PREF.UNIV.(NAT.SCI.&LIV.SCI.),NO.42,Ser.B, p.23~29(NOV.1991)