

枝豆の品質に及ぼす収穫時期と貯蔵温度の影響

南 出 隆 久・畑 明 美

Effect of Harvest Time and Storage Temperature on the Quality of Green Soybean Seeds (Edamame)

TAKAHISA MINAMIDE and AKEMI HATA

Green soybean seeds (Edamame) have higher levels of ascorbic acid, sugars, such as glucose, and sucrose, and free amino acids than matured beans. These compounds depend on the tastable quality of soybean seeds and decrease rapidly after harvest.

In this paper, the seeds of 3 cultivars, which are Otsuru, Tamahomare, and Ide-cho zairai were used to evaluate their acceptability for Edamame.

The harvest periods of these soybean were later than the Edamame cultivars and were about 50 to 63 days after flowering. The seeds of a pod contained mainly one and two and three seeds was only 2 to 10 percent of total pods.

Reducing sugar, free amino acids, ascorbic acid contents showed a decline of these cultivars during maturation. These changes coincided with CIE a^* values of seed pods.

After harvest, ascorbic acid and free amino acid contents in three cultivars decreased rapidly at 20°C storage. Total sugar content in Ide-cho zairai remained more or less constant up to 7 days at 5° and 20°C storage.

From these results, it was found that these cultivars had fewer seeds per a pod, but were exploited for fresh vegetables, such as snack, salad, side dish and so on. Among the rest, Ide-cho zairai was better keeping quality after harvest.

(Received August 10, 1990)

1. 緒 言

近年、生産量が増加している国産大豆の利用拡大を図るため大豆の品質特性や加工適正について平らの詳細な研究がなされている⁶⁾。国産大豆の中には、昭和63年新品種として登録された大粒品種オオツルや生産量はわずかであるが、緑大豆、赤大豆など多くの品種が栽培されている。一方、未熟な段階で食用とする枝豆は、近年多くを中国や台湾から輸入している。枝豆は、完熟大豆に比べビタミンC、糖、アミノ酸などを

多く含んでおり栄養の点からも優れた食品であるが、収穫適期が短くまた収穫後の品質低下も顕著で、その取り扱いには十分な品質管理が求められる^{1, 2, 5)}。

本研究では、枝豆用品種ではない大豆を用い、未熟な段階で収穫し、枝豆としての利用が可能かを調べるため、黄大豆の代表品種であるタマホマレ、大粒品種として期待されるオオツル、それに緑大豆で大粒の井手町在来を用い、収穫適期を判定するための指標を得るとともに、収穫後の品質変化について検討した。

2. 試料および実験方法

1) 試料

本実験に用いた試料は、京都府宇治田原町で栽培した1987, 1988年産のタマホマレ, オオツル, 井手町在来の3品種を用い、生育段階を追って実験に供した。

2) 試料の調整

生育段階を追って収穫した各品種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大豆から莢を採り、500gを厚さ30 μ の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

表面色は、測色色差計(日本電色工業, Z-100/O P型)により測定し、CIE(1976)表記のL*, a*, b*として示した。試料の測定部位は、莢では、凸部を、種子は、種皮を除いた子葉内部をそれぞれ10試料について測定し、平均値で示した。

4) 水分含量の測定

種皮を除いた子葉を裁断し、105℃で恒量になるまで乾燥して水分含量を求めた。

5) 糖およびアミノ酸の測定

分析試料の調整は、種皮を除いた子葉に最終濃度が80%になるようエタノールを加え5℃で一昼夜静置後、破碎、ろ過してエタノール可溶性液を得た。糖の測定

は、ソモギー・ネルソン法によりおこない還元糖、全糖含量とした。アミノ酸は、ニンヒドリン法により比色定量し、グルタミン酸に換算して示した。

6) アスコルビン酸の測定

種皮を除いた子葉をメタリン酸で抽出し、ヒドラジン法によりアスコルビン酸を測定し、還元型、酸化型を加えた総アスコルビン酸量として示した。

7) クロロフィルの測定

クロロフィル含量の測定は、子葉を80%アセトンで抽出したものを、エチル・エーテルに置換し、脱水後分光光度計で比色定量し、総クロロフィル量として示した。

3. 結果ならびに考察

1) 大豆の生育に伴う種子重、化学成分、表面色の変化

枝豆としてやや未熟なステージから完熟まで10日間隔で収穫し、種子を含む莢重量、種子重量ならびに一莢当りの種子数について調べた結果をTable 1に示した。この結果は、1988年度産のものであるが、1987年度もほぼ同様の生育状態であった。オオツルは、これら3品種のなかでは最も生育が早く、開花後70日の10月7日で成熟した。青大豆の井手町在来は、晩生種でオオツルに比べ1カ月遅く、11月7日が完熟期となった。100莢当りの重量は、完熟期のものでオオツルが

Table 1 Development of pod wall and seed of soybean at different stages of maturation

Cultivars	DAF	Pod wall fwt (g/100 pods)	Seed fwt(dwt) (g/100 seeds)	Seed number of a pod(%)			
				0	1	2	3
Otsuru	50	258.3	76.2(28.6)	8.4	22.9	58.7	10.0
	60	276.7	84.1(33.3)	6.6	33.2	52.6	7.7
	70	116.0	38.6(27.5)	6.7	26.3	57.2	9.8
Tamahomare	50	154.3	49.6(17.7)	10.1	34.8	51.9	3.2
	60	218.8	68.4(26.1)	12.9	30.2	53.8	3.1
	70	169.0	55.6(28.2)	3.6	33.6	57.4	5.4
	80	76.7	32.3(24.9)	8.4	41.9	44.9	4.7
Ide-cho zairai	43	178.6	58.9(16.8)	14.8	35.6	46.7	2.9
	53	225.0	73.4(24.1)	10.6	36.8	50.1	2.5
	63	288.0	80.6(31.3)	6.4	24.5	67.5	1.6
	73	161.4	68.6(29.0)	8.9	34.8	54.0	3.1
	83	96.3	43.4(30.3)	9.0	28.7	59.5	2.8

DAF:Days after flowering fwt: fresh weight dwt:dry weight

最も重かったが、種子重量は、井手町在来で、100粒当り新鮮重で43.4g、乾物換算だと30.3gであった。これは、現在の主な品種であるタマホマレに比べると約22%、大粒種として育種されたオオツルよりも約10%重いことから、食用としては煮豆などのように豆そのものの姿をいかす利用法が好まれる。

オオツル、タマホマレとも種子乾物重量は開花後60日、70日でそれぞれ最大となり、完熟期には減少した。井手町在来は、開花後63日まで重量増加しその後やや低下した。一莢当りの種子数は、各品種とも2粒が約半数で、1粒や種子を含まない莢もかなり多く、3粒は平均5%弱にすぎないことが分かった。枝豆として商品性のあるものは、3粒であることから、これら品種は枝豆用としては不適當であると考えられる。しかし、グリーンピースのように剥き実にして利用すれば、特に、大粒の井手町在来は利用価値の高い品種と思われる。

種子の生育に伴う糖、アミノ酸、アスコルビン酸、クロロフィル含量の動向を調べたところ (Table 2)、全糖は、生育に伴い増加しており、タマホマレは開花後80日のもので、約2.7g/100g新鮮重であった。しかし、完熟した井手町在来では1.4gと急減した。含量は微量であるが還元糖は、各品種とも生育に伴い減少することがわかった。完熟大豆の糖に関する平らの

報告⁶⁾によると全糖の中でショ糖が最も多く、ついでスタキオースでこの2種類で全糖の90%以上を占めており、グルコースは2%程度であるとしている。本実験では、糖組成は調べていないが、還元糖の全糖に対する割合からすると、妥当な数値である。大豆に含まれるスタキオース、ラフィノースなどのオリゴ糖は難消化性ではあるが、われわれ人間にとって生体機能調節に関与していることから、最近注目されている。大豆の生育とこれら糖類の代謝について今後検討したいと考えている。

枝豆に含まれるアミノ酸は、全糖と同じように豆の風味に関与しており、アミノ酸含量の多いものほど風味がよいとされている^{2,3)}。本実験で用いた3品種のアミノ酸含量は、いずれの品種も未熟なものが多く生育に伴い減少したが、その程度はタマホマレで低いことがわかった。

アスコルビン酸は、還元糖やアミノ酸に比べ種子の成熟に伴い減少はするものの、かなり成熟した種子でも含有しており、特に井手町在来の緑大豆では完熟したのものでも含量はわずかではあるが存在した。緑黄野菜などのアスコルビン酸は、クロロプラスト(葉緑体)に多くクロロフィルと共存しているが、井手町在来も完熟種子にクロロフィルが存在していることから考えると、アスコルビン酸が完熟種子でも含有しているこ

Table 2 Amounts of total and reducing sugars, free amino acids, ascorbic acid, and chlorophyll in seed of soybean at different stages of maturation

Cultivars	DAF	Total sugar	reducing	free amino	ascorbic	chlorophyll
			sugars	acids	acid	(a+b)(a:b)
			----- mg/ 100g fwt		-----	
Otsuru	50	1150	141	505	18.4	1.84 (2.0 : 1)
	60	1930	78	187	24.9	1.44 (2.4 : 1)
	70	1960	21	79	nd	nd
Tama-homare	50	1710	112	361	20.6	1.24 (1.3 : 1)
	60	2020	78	200	23.0	2.01 (2.0 : 1)
	70	2540	54	100	12.3	0.69 (1.2 : 1)
	80	2710	42	113	nd	nd
Ide-cho zairai	43	1530	145	413	28.8	4.71 (1.7 : 1)
	53	1840	96	380	26.8	4.88 (1.6 : 1)
	63	2000	63	174	20.3	3.72 (1.3 : 1)
	73	2710	49	112	10.4	1.36 (0.9 : 1)
	83	1440	14	84	5.7	2.33 (0.7 : 1)

DAF: Days after flowering nd: non-detected

ともありうる。しかし、種子でのアスコルビン酸の役割がどのようなものかは不明な点があるので、今後の検討課題である。

種子中のクロロフィル含量は、生育に伴い減少しており、アスコルビン酸の消長と類似していた。クロロフィルのaとbの比をみると、高等植物の葉では普通aが2～3倍多いが、井手町在来では種子の成熟にしたがい、bの多くなることがわかった。

以上、大豆の生育に伴う種子成分の変化を調べたが、これら品種の枝豆としての適期は、オオツルでは開花後50日、タマホマレは、50-60日、井手町在来は43-53日と思われる。しかし、収穫適期の判断の指標として、莢の色調を調べることで容易に判定できないかを検討した。

種子が成熟するにしたがい、莢の色は緑色から緑黄色、黄褐色、褐色へと変色する。そこで、この色の変化を莢と子葉内部について表面色を調べた結果が、Table 3である。外観の色の変化とよく一致しているのは、a*値である。a*は、種子が未熟で緑色が強いものではマイナス値が大きく、褐色に変化するにした

Table 3 CIE(1976) L*, a* and b* values in pod wall and seed of soybean at different stages of maturation

Cultivars	DAF	pod wall			seed(cotyledon)		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Otsuru	50	55.2	-9.06	35.4	72.9	-11.4	25.7
	60	57.4	-8.56	37.6	72.3	-11.8	26.5
	70	44.4	7.80	18.4	62.2	-1.1	31.9
Tama-homare	50	56.6	-8.13	32.7	71.8	-10.6	22.6
	60	55.4	-9.19	34.3	70.7	-10.8	23.9
	70	58.5	-3.78	33.3	77.1	-7.2	25.6
	80	45.6	9.02	21.9	66.3	-0.8	32.4
Ide-cho zairai	43	47.1	-8.87	29.8	66.1	-11.2	23.0
	53	48.6	-10.15	32.9	66.1	-11.8	25.3
	63	48.1	-7.22	26.7	67.4	-11.9	26.2
	73	40.1	4.09	21.8	67.5	-7.7	21.4
	83	38.0	7.04	16.6	59.3	-7.2	25.3

DAF:Days after flowering

がい、プラスとなっている。L*値、b*値とも種子の成熟に伴い、莢では3品種とも減少しているが、子葉内部のb*は品種によりその傾向に相違がみられた。緑大豆の井手町在来は、完熟してもa*はマイナスの値を維持していた。このことから、種子の熟度判定には、莢表面のa*値を測定することが有効で、a*=-9以下になると枝豆としては風味に關与する化学成分の低下することから不適當であると判断できる。

これらの結果から、大豆の成熟に伴う莢の表面色と種子の化学成分の關連性を調べたところ、Table 4からも明らかなように両者の相関關係のなかでも、アスコルビン酸とa*値には高い負の相関(r=-0.948)がみられた。また、風味に關与する還元糖、アミノ酸含量とa*値にも相関の高いことがわかった。

2) 収穫後の貯蔵温度と成分変化

枝豆としての適期に収穫した3品種を低密度ポリエチレン袋に入れ5℃と20℃に貯蔵し、貯蔵に伴う全糖、アミノ酸、アスコルビン酸含量の変化を調べた(Fig 1)。

20℃に貯蔵した枝豆は、1日

Table 4 Correlation between chemical components in seeds and L*, a*, b* value in soybean pods

Variable	Correlation coefficient(r)		
	L*	a*	b*
Total sugar	-0.106	0.430	-0.226
Reducing sugar	0.512	-0.803**	0.722**
Amino acid	0.381	-0.722**	0.606*
Ascorbic acid	0.511	-0.948***	0.787**
Chlorophyll	-0.109	-0.588*	0.242

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

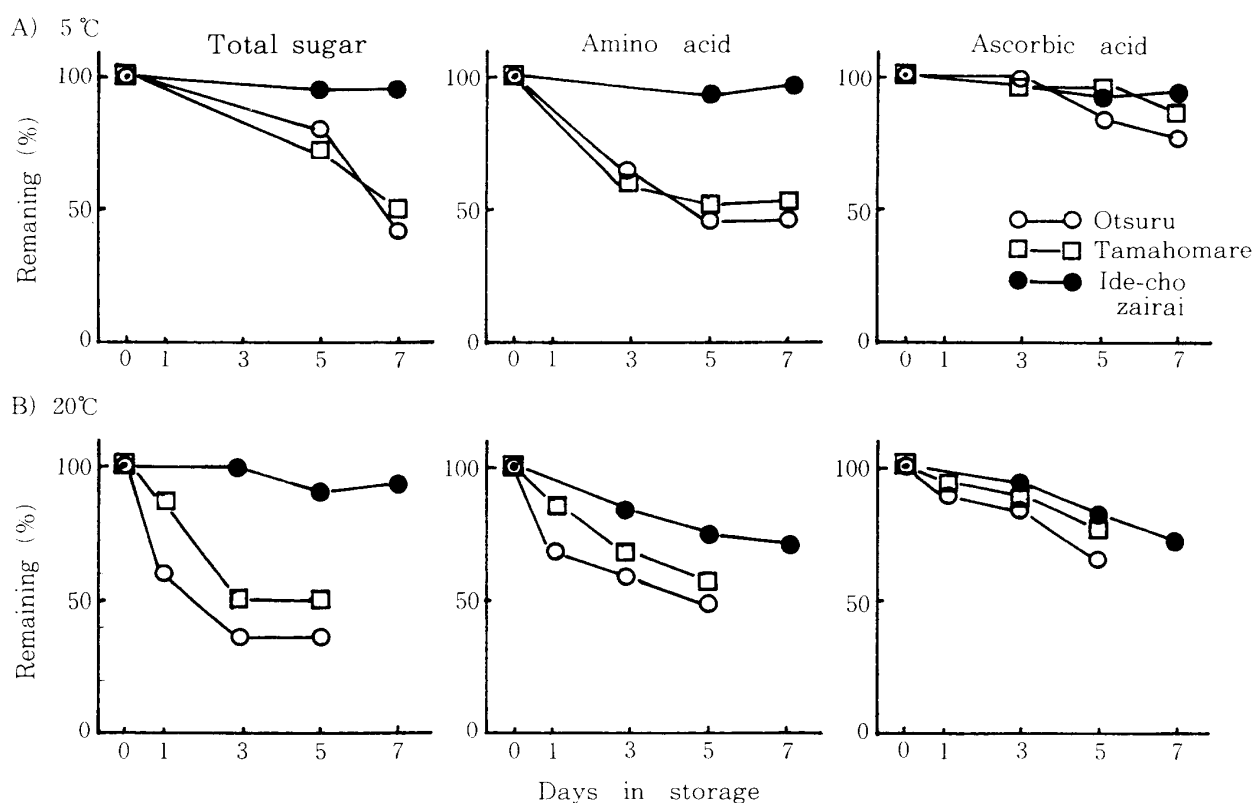


Fig. 1 Changes in total sugar, amino acid, and ascorbic acid contents of green soybean seeds during storage at 5°C and 20°C

後では莢の果梗部に変色が見られ、2日後では莢全体にやや黄化がはじまり、3日後では明らかに鮮度の低下したことが、外観からも判断できた。20°C 5日貯蔵のものは、3品種とも莢が乾燥し黄褐色になり種子が莢から取れやすくなった。このことから、鮮度保持期間は20°Cでは3日程度である。一方、5°C貯蔵のものは5日後でも外観は収穫当日とほとんど変化していないが、ポリエチレン袋内に水滴がたまり莢の毛茸が濡れ外観が悪くなった。7日後では鮮度低下が明かとなり、2週間後のものは莢と種子の接触部分が軟化するとともに、莢の表面色も暗緑色となった。鮮度保持期間は、約10日が限度である。この結果は、枝豆用品種を用いた岩田ら²⁾、秋元ら¹⁾の結果とほぼ同様の傾向であった。

貯蔵に伴う全糖含量の変化は、オオツル、タマホマレと井手町在来では異なり、前者2品種は5、20°C貯蔵とも減少するのに対し、後者は7日後でもほとんど減少しなかった。ここでは示していないが緑大豆の加悦町在来でも全糖はほとんど減少しないことから、このような結果は、緑大豆にみられる共通した傾向かも知れないが、この点については糖・でんぷん代謝との関連性も含め興味ある現象である。

枝豆のアミノ酸含量は、糖含量と同様収穫後急減す

ることが岩田²⁾や生野⁵⁾によって報告されている。今回用いた3品種も貯蔵に伴い減少したが、その程度は井手町在来でわずかで、5°C、7日後でもほとんど減少はみられなかった。このことは、完熟緑大豆のたんぱく含量が少ないこととなんらかの関係があるものと推察される。

収穫当日のアスコルビン酸含量は、オオツル26mg/100gfw、タマホマレ29mg、井手町在来24mgであった。5°C貯蔵のものでは、3品種ともほとんど減少しなかったが、20°C貯蔵ではいずれも減少した。しかし、全糖やアミノ酸とは異なりその減少傾向は緩慢であった。

これら数種化学成分の貯蔵に伴う変化は、枝豆用品種とほとんど同じであることから、収穫後の取り扱いには鮮度低下を防止する方法を工夫しなければならない。その一つとして、冷凍が品質保持からみて優れた手段と考える⁴⁾。また、井手町在来のように、20°C貯蔵においても糖、アミノ酸がほとんど減少しないような品種のあることが明らかになったのは、今後新形質の大豆を開発する上で重要な因子になるものと思われる。

4. 要約

大豆の利用拡大を図る目的で、極大粒種のオオツル、

普通黄大豆タマホマレ，緑大豆井手町在来の3品種を用い，枝豆としての収穫時期の判定と，収穫後の品質変化について検討した。

本実験で用いた大豆3品種とも一莢当りの種子数が1，2粒と枝豆用の品種に比べ少なく，また収穫までの生育日数も長くかかることがわかった。大豆の風味や品質に関与する還元糖，アミノ酸，アスコルビン酸は種子の成熟にしたがい減少した。しかし，全糖は増加傾向にあった。大豆の莢の外観による収穫適期の判定には，CIEの a^* 値が化学成分の変化と高い相関関係にあることがわかった。

収穫後の品質保持には，低温貯蔵が有効であるが，井手町在来のように，20℃貯蔵でも全糖，アミノ酸含量の減少が少ない品種のあることがわかった。

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農業総合研究所，京都府田辺農業改良普及所の各位に厚くお礼申し上げます。

5. 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. 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
3. 香西由紀夫・平 春枝・田中弘美・斉藤昌義・宗形豊喜. 1989. 煮豆用原料大豆の評価 日食工誌, 36: 132-141
4. 増田亮一・橋詰和宗・金子勝芳. 1988. 冷凍枝豆の食味に及ぼす収穫後の貯蔵時間の影響 日食工誌, 35: 763-770
5. 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
6. 平 春枝・田中弘美・斉藤昌義. 1989. 国産大豆の全糖・遊離型全糖および遊離糖類の含量 日食工誌 36: 968-980