

第6章 アズキおよびインゲンマメの貯蔵過程における加工特性の変動

北海道におけるマメ類の生産量は、需給動向に基づく作付け面積の変動に加えて、生育期間および収穫時期の気象条件の影響により著しく変動する。アズキに関しては、1993年の生産量が33,000tであったのに対し1995年では78,000tとなっており、インゲンマメに関しては、1994年の16,600tに対し1995年が42,300tとなっており(日本豆類基金協会, 1998)、いずれも2倍以上の大きな変動がみられる。一般に、豊作年では品質の良好なマメ類が収穫されるため、高品質なマメ類を安定的に供給可能な貯蔵技術の確立が望まれている。

近年、オーストラリアにおけるアズキの生産量は、販売価格による変動はあるものの、1995年では500t、1996年では1500t、1997年では2000t(推定)と増加傾向にあり(Desboroug and Redden, 1998)、その大部分の輸出先である日本のマーケットからは、より高品質な生産物が望まれている。しかし、オーストラリアの主要品種である「Bloodwood」と日本の主要品種である「エリモショウズ」の調理特性に関する具体的な比較例はない。また、北海道におけるアズキの収穫時期は、9月下旬の冷涼な時期であるのに対し、オーストラリアでは2月～4月にかけての高温多湿な時期であり(Desboroug and Redden, 1996)、収穫後の保管条件は特に注意を要する。

そこで本章では、収穫後2年間にわたるアズキおよびインゲンマメの長期貯蔵過程における加工特性の変動について検討すると共に、貯蔵温度や包装形態が加工特性に及ぼす影響について検討した。さらに、オーストラリアで栽培されたアズキ2品種について、異なる温度で貯蔵した後の子実品質および食味の変化についても検討した。

第1節 実験方法

1. 長期貯蔵試験

(1) 供試材料および貯蔵条件

1995年十勝管内芽室町産「エリモショウズ」(貯蔵期間; 1996年1月～1997年10月, JA芽室町調整品)、1996年十勝管内芽室町産「大正金時」(貯蔵期間; 1997年1月～1998年10月, JA芽室町調整品)、1997年十勝管内芽室町産「エリモショウズ」(貯蔵期間; 1998年1月～1999年10月, JA芽室町調整品)および1997年十勝管内鹿追町産「雪手亡」(貯蔵期間; 1998年1月～1999年10月, JA鹿追町調整品)を用いて、収穫後約2年後まで

の期間、次の条件で貯蔵試験を行った。温度条件としては、5°C恒温庫、低温倉庫(石狩市, 15°C以下)、常温倉庫(石狩市)および東京常温倉庫(東京都品川区, 1995年産アズキ1年目のみ)で貯蔵した。包装形態としては、通常の流通形態である紙袋区(30kg)、樹脂フィルム(厚さ0.04mmポリエチレン・ナイロン・ポリ塩化ビニリデン)に密封した密封区(400g)および樹脂フィルムで真空包装し脱酸素剤(三菱瓦斯社エージレス)を封入した真空区(400g)の3処理であった。分析時期としては、温度条件(3処理, 1995年産アズキ1年目は4処理)と包装形態(3処理)を組み合わせた9処理区(1995年産アズキ1年目は12処理区)を、3月毎に試料を採取し分析を行った。なお、全貯蔵期間にわたり、各貯蔵庫の温度および湿度を、30分毎にデータロガーで記録した(Table 36)。

(2) 分析・測定方法

百粒重、タンパク含有率、デンプン含有率、粗脂肪含有率、吸水増加比(WIRI)および浸漬液固形分は、第2章および第4章と同様にして測定した。

子実水分は、105°Cで24時間乾燥後の重量の減少量により求めた。

発芽率は、子実100粒を100mlのイオン交換水で湿らせたペーパータオル上に置き、25°Cで72時間放置後の発芽粒の割合を算出した。

電気伝導率(EC)は、吸水増加比測定時の浸漬液を回収し、ECメーターにより測定した。

種皮色は色彩色差計(東京電色TC-1800MKII)を用いて、アズキは第2章と同様に、インゲンマメは第4章と同様に複粒法で測定した。

煮熟増加比(WIRB)は、オートクレーブを使用して、アズキは98°Cで70分、手亡は25°Cで18時間吸水後に98°Cで40分、金時は25°Cで18時間吸水後に98°Cで20分煮熟し、第2章と同様にして算出した。

生アンは、上記条件で煮熟したアズキおよび手亡について、第2章と同様にして調製した。

アン粒径は、上記の条件で得られた生アンを用いて、第2章と同様にして測定した。

煮熟粒の硬度は、上記条件で煮熟した金時について、第5章と同様にして測定した。

ペクチン組成は、マメ類試料の粉碎物をオートクレーブで加熱(120°C・20分)してデンプンを糊化させた後、

Table 36. Temperature and relative humidity(RH) during storage.

		Low Temp. Storage		Normal Temp. Storage		Tokyo Normal Temp.	
		Temp(°C)	RH(%)	Temp(°C)	RH(%)	Temp(°C)	RH(%)
1996	Jan.-Mar.	2.3	66.3	2.8	55.6	10.3	53.5
	Apr.-Jun.	11.0	71.4	13.9	70.0	18.8	71.0
	Jul.-Sep.	13.7	73.2	19.3	76.1	23.6	72.5
	Oct.-Dec.	6.3	69.1	2.5	66.8	14.6	52.1
	Max.	15.1	77.8	26.0	82.3	26.2	88.5
	Min.	0.4	57.0	-5.5	49.7	8.0	33.0
1997	Jan.-Mar.	3.0	69.8	1.1	66.4	—	—
	Apr.-Jun.	11.7	74.6	15.3	71.4	—	—
	Jul.-Sep.	13.3	72.8	18.0	74.5	—	—
	Oct.-Dec.	6.9	69.4	2.8	71.9	—	—
	Max.	14.1	79.4	27.2	88.3	—	—
	Min.	1.3	56.6	-5.7	54.7	—	—
1998	Jan.-Mar.	2.8	68.9	1.2	69.2	—	—
	Apr.-Jun.	12.4	73.2	15.8	72.6	—	—
	Jul.-Sep.	14.5	78.5	19.8	76.4	—	—
	Oct.-Dec.	7.0	71.7	2.2	70.9	—	—
	Max.	17.2	89.9	27.3	89.0	—	—
	Min.	-0.1	55.9	-5.5	56.4	—	—
1999	Jan.-Mar.	2.7	71.3	0.5	69.9	—	—
	Apr.-Jun.	11.0	74.0	15.6	73.6	—	—
	Jul.-Sep.	12.5	71.1	22.0	69.7	—	—
	Max.	14.9	81.6	28.7	91.1	—	—
	Min.	1.1	62.3	-4.4	52.8	—	—

5%グルコアミラーゼ (pH 4.8 酢酸 Buffer, 1×10^4 U/g, ナガセ生化学) および 1%酸性プロテアーゼ (pH 4.8 酢酸 Buffer, 10×10^4 U/g, ナガセ生化学) によりデンプンおよびタンパク質を消化 (各 40°C ・一晚) し, 80%エタノール不溶性画分 (AIS) を得た。アセトンにより脱水後乾燥させた AIS を温水に溶解し, 一晚放置後に水溶性ペクチン (WSP) を抽出した。残渣をイオン交換水で十分洗浄後, 0.4%ヘキサメタリン酸ナトリウムに溶解し, 一晚放置後にリン酸可溶性ペクチン (PSP) を抽出した。残渣をイオン交換水で十分洗浄後, 0.05 N塩酸に溶解し, オートクレーブを用いて 98°C で 1 時間加熱し, 塩酸可溶性ペクチン (HSP) を抽出した。ペクチンの各抽出画分は, D-ガラクトuron酸を標準物質として, カルバゾール比色法により測定した。

2. オーストラリア産アズキの加工特性

(1) 供試材料および貯蔵条件

1997年にオーストラリア・クイーンズランド州で収穫された, 「エリモショウズ」および「Bloodwood」を供試した。収穫後調製されたアズキ各 20kg を, 40 リットルの樹脂製ドラムに入れ, クイーンズランド大学ガトン校の 10°C および 30°C の恒温庫で貯蔵した。貯蔵ドラムには,

湿度調整した空気を毎分 2 リットルの流量で供給し, 相対湿度 (RH) 65% を維持した。6 カ月間貯蔵後の試料は, 官能試験のためのつぶあん調製, もしくは品質特性の分析までの約 5 カ月間, -18°C で保管した。貯蔵後の子実品質および加工特性は, 中央農試において分析した。

(2) 分析・測定方法

百粒重, 子実水分, 煮熟増加比 (WIRB), アン粒径, 種皮色および生アン色は, 前項と同様にして測定した。

(3) つぶアンの加工

官能試験に用いたつぶあんは, オーストラリア在住の日本人の和菓子製造者に委託し加工した。各試料とも 400g を用い, 軟化促進のため沸騰後に一旦冷水を加えた後, 再び加熱し, 洗切りを 2 回行った。子実が十分に軟化したことを確認した後に, 400g の砂糖を加え, つぶアンの粘性が適度に増加するまで加熱を続けた。つぶアンの最終重量は, 水分含有率が同程度になるように調整した。つぶあん加工に要した時間および最終重量を Table 37 に示した。

(4) 官能試験

オーストラリア在住の日本人 20 名 (平均年齢 46.5 歳, 女性 75%) および, ゴールド・コースト・ビジネス・カレッジの教官と学生のオーストラリア人 20 名 (平均年齢

Table 37. Cooking condition of adzuki beans stored for six months.

Variety	Storage Temp. (°C)	Cooking Time (hrs:min)	Final weight (g)
Erimoshouzu	10	3:15	1260
Erimoshouzu	30	4:30	1280
Bloodwood	10	3:40	1250
Bloodwood	30	4:50	1270

Initial weight of each sample was 400g, the same amount of sugar was added respectively.

33.4歳、女性85%)をパネルとして、官能試験を行った。つぶアンの識別に関しては、修正3点識別法(Gacula and Singh, 1984)により行った。官能試験の第1段階としては、異なる試料の識別を行い、第2段階では、色調、香り、かたさ、渋みおよび嗜好性について比較した。また、つぶアンの特性は、本試料を調製した日本人和菓子製造者によっても評価された。

第2節 結果および考察

1. 長期貯蔵過程における加工特性の変動

(1) アズキの加工特性の変化

収穫後2年を経過(貯蔵21ヵ月目)した、アズキ(1997年産)の子実形質、成分含有率および吸水・煮熟特性の差異について、Table 38~Table 40に示した。全貯蔵期間を通して最も品質特性の変化が小さかった、5°C恒温庫の真空区を対照として差異を検討した。その結果、発芽率は常温倉庫で大きく低下し、種皮色はL*値、a*値、b*値のいずれもが、低温倉庫でわずかに、常温倉庫で大きく低下していた。水分はいずれの貯蔵庫でも、紙袋区で低下していた。浸漬液固形分や電気伝導率(EC)は、常温倉庫で大きく上昇していた。吸水増加比は常温倉庫で低下する傾向にあったが、低下の程度はわずかであった。常温倉庫の煮熟増加比やアン収率は大きく低下し、低温倉庫の煮熟増加比についても紙袋区でわずかに低下が認められた。なお、百粒重やアン粒径および、タンパク質、デンプン、粗脂肪といった成分含有率には貯蔵条

Table 38. Characteristics related to the seed quality of adzuki beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	100-Seed Weight(g)	Germination (%)	Seed Coat Colour		
				L*	a*	b*
5°C	Vacuum	14.2±0.2	97±2	28.3±0.5	17.7±0.4	12.2±0.7
	Sealed	14.4±0.1	97±1	28.2±0.6	17.4±0.3	11.8±0.5
	Paper Bag	14.3±0.1	96±3	28.1±0.5	17.7±0.3	11.8±0.4
Low Temp.	Vacuum	14.4±0.1	94±5	28.2±0.6	17.0±0.5**	11.6±0.8*
	Sealed	14.4±0.2	93±1	27.1±0.6**	17.0±0.4**	11.4±0.4**
	Paper Bag	14.4±0.1	91±2	26.3±0.6**	16.7±0.5**	10.8±0.7**
Normal Temp.	Vacuum	14.4±0.3	79±5**	27.1±0.6**	16.6±0.5**	10.5±0.6**
	Sealed	14.1±0.1	74±2**	26.2±0.5**	17.1±0.5**	10.4±0.6**
	Paper Bag	14.3±0.2	75±1**	24.5±0.6**	16.1±0.5**	9.1±0.4**

Adzuki beans were harvested in 1997.

*,**; Significantly different from 5°C • Vacuum Pack at P<0.05, or P<0.01.

Table 39. Chemical composition of adzuki beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	Moisture (%)	Protein (%)	Starch (%)	Fat (%)
5°C	Vacuum	15.8±0.1	24.7±0.2	48.8±0.9	0.51±0.02
	Sealed	16.0±0.1	24.8±0.1	49.4±0.5	0.51±0.02
	Paper Bag	13.5±0.1**	24.8±0.1	47.8±0.8	0.50±0.03
Low Temp.	Vacuum	15.8±0.1	25.0±0.2	48.1±0.2	0.53±0.02
	Sealed	16.2±0.1*	25.0±0.1	48.1±0.6	0.52±0.01
	Paper Bag	14.5±0.2**	24.6±0.1	48.1±0.1	0.52±0.03
Normal Temp.	Vacuum	15.5±0.1	25.0±0.3	47.8±1.3	0.53±0.02
	Sealed	15.4±0.3	25.1±0.3	48.2±0.6	0.52±0.01
	Paper Bag	13.2±0.1**	24.7±0.1	48.2±0.6	0.51±0.02

Adzuki beans were harvested in 1997.

*,**; Significantly different from 5°C • Vacuum Pack at P<0.05, or P<0.01.

Table 40. Characteristics related to the cooking quality of adzuki beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	DSSW (%)	EC (mS/cm)	WIRI	WIRB	Ann Yield (%)	Ann Particle Size(μ m)
5°C	Vacuum	1.13±0.01	1.37±0.01	2.35±0.01	3.01±0.04	63.4±0.5	105.6±1.1
	Sealed	1.17±0.01	1.42±0.02	2.34±0.01	3.00±0.01	63.7±0.4	105.9±0.3
	Paper Bag	1.14±0.02	1.48±0.03	2.33±0.01	3.01±0.06	62.9±1.2	106.0±1.0
Low Temp.	Vacuum	1.26±0.01	1.58±0.04	2.35±0.01	2.96±0.02	62.3±0.2	105.6±0.2
	Sealed	1.38±0.01	1.74±0.03	2.34±0.01	2.92±0.01	62.0±0.3	106.1±0.4
	Paper Bag	1.28±0.02	1.72±0.07	2.33±0.02	2.83±0.01**	60.2±2.1	105.6±0.7
Normal Temp.	Vacuum	1.95±0.27**	2.35±0.31**	2.34±0.01	2.55±0.01**	47.8±1.7**	105.9±0.2
	Sealed	2.15±0.30**	2.53±0.34**	2.31±0.01**	2.54±0.04**	44.6±1.6**	106.7±0.1
	Paper Bag	1.67±0.08*	2.13±0.11**	2.32±0.01**	2.44±0.05**	43.1±0.8**	106.4±0.3

Adzuki beans were harvested in 1997.

DSSW; Dissolved Solid in Soaking Water, WIRI; Weight Increase Ratio by Imbibition, WIRB; Weight Increase Ratio by Boiling.

*, **; Significantly different from 5°C · Vacuum Pack at $P < 0.05$, or $P < 0.01$.

件による差は認められなかった。

そこで次に、貯蔵期間中の品質特性の変化について検討した。貯蔵過程における水分の変化を1995年産アズキ (Fig. 53) についてみると、貯蔵庫による比較では、東京の常温倉庫で貯蔵開始直後から低下がみられた。5°C恒温倉庫でも徐々に低下したが、低温倉庫および道内の常温倉庫ではほとんど変化が認められなかった。包装形態による比較では、紙袋区で低下がみられたが、真空区および密封区ではほとんど変化が認められなかった。1997年産アズキの水分の変化 (Fig. 54) については、貯蔵庫による比較では、5°C恒温倉庫では貯蔵開始直後に大きな低下がみられたが、その後の変化は小さかった。また、低温倉庫および常温倉庫とも変化は小さかったが、常温倉庫の貯蔵18カ月目(1999年7月)以降でやや低下がみられた。包装形態による比較では、紙袋区で貯蔵開始直後

に大きな低下がみられたが、その後の変化は小さく、真空区および密封区ではほとんど変化が認められなかった。このように、水分に関しては、低温倉庫での変化が最も小さく、道内の常温倉庫でも通常年(1997年7月～9月の平均温度18.0°C, 平均湿度74.5%)では変化が小さかったが、1999年のような高温年(7月～9月の平均温度22.0°C, 平均湿度69.7%)ではやや低下が認められた。また、5°C恒温庫(平均温度5.1°C, 平均湿度54.1%)の紙袋区では除湿効果による影響を受けるため、貯蔵開始時の水分が16%と高かった1997年産アズキでは、より急速な水分低下が生じたものと考えられた。

貯蔵過程における煮熟増加比の変化を1995年産アズキ (Fig. 55) についてみると、貯蔵庫による比較では、東京の常温倉庫では貯蔵開始直後から大きな低下がみられ、道内の常温倉庫でも徐々に低下したが、低温倉庫お

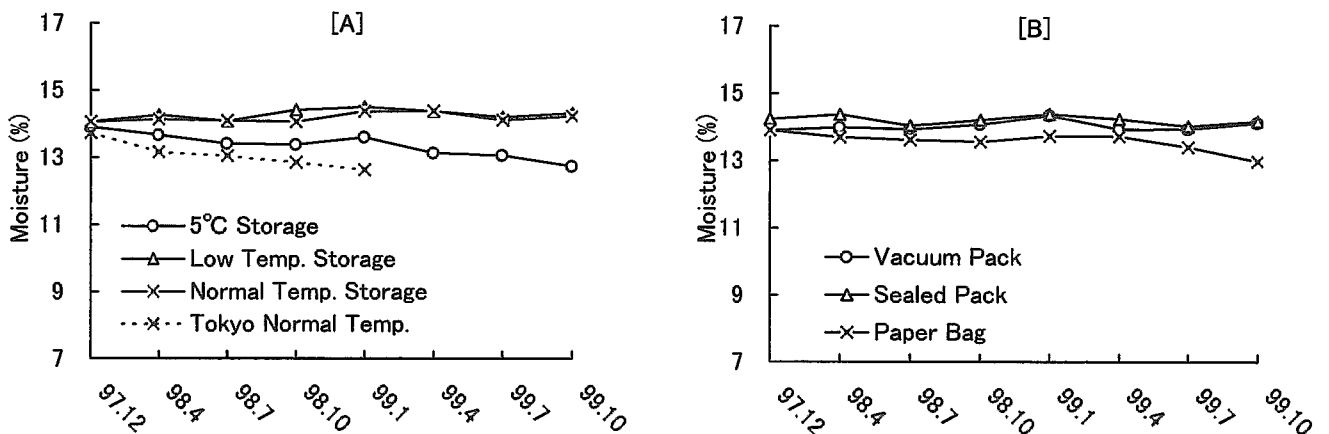


Fig.53. Changes in moisture content of adzuki beans harvested in 1995.

A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

よび5℃恒温庫での変化は小さく、特に5℃恒温庫ではわずかな低下しか認められなかった。包装形態による比較では、いずれの時期においても真空区でやや高い傾向

にはあったが、包装形態による大きな差異は認められなかった。1997年産アズキの煮熟増加比の変化 (Fig. 56) について、貯蔵庫による比較をすると、常温倉庫におい

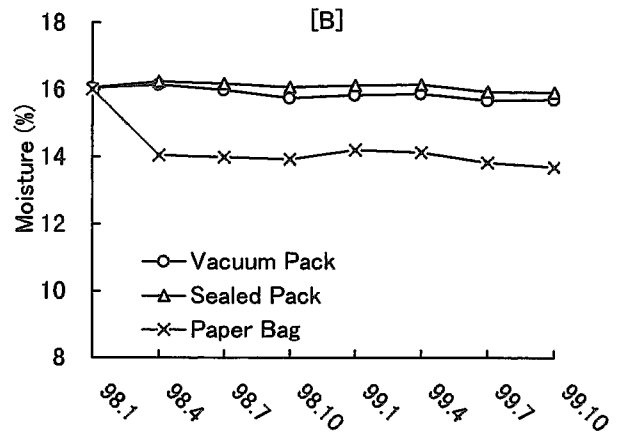
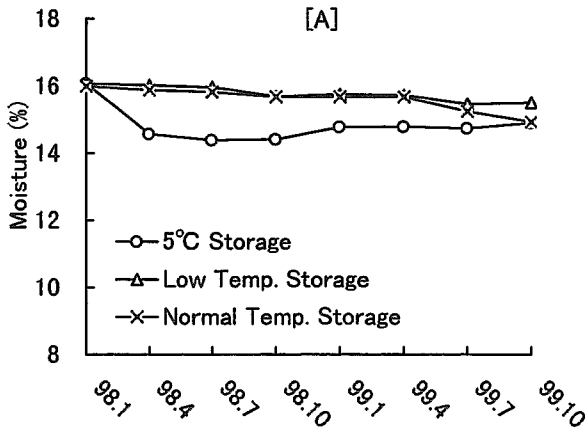


Fig.54. Changes in moisture content of adzuki beans harvested in 1997. A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

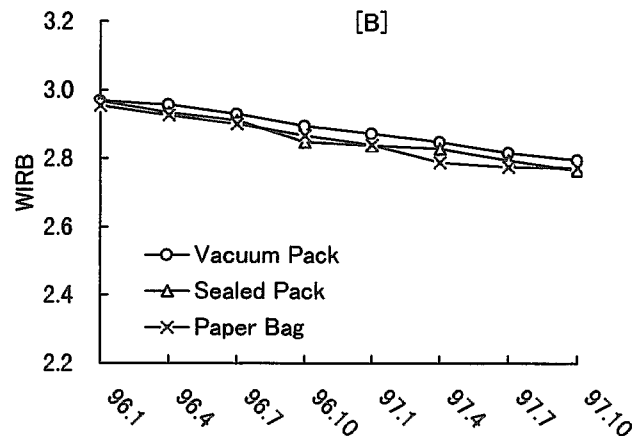
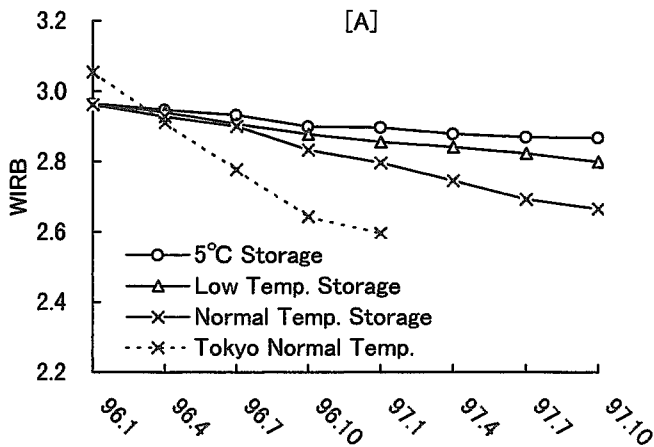


Fig.55. Changes in Weight Increase Ratio by Boiling (WIRB) of adzuki beans harvested in 1995. A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

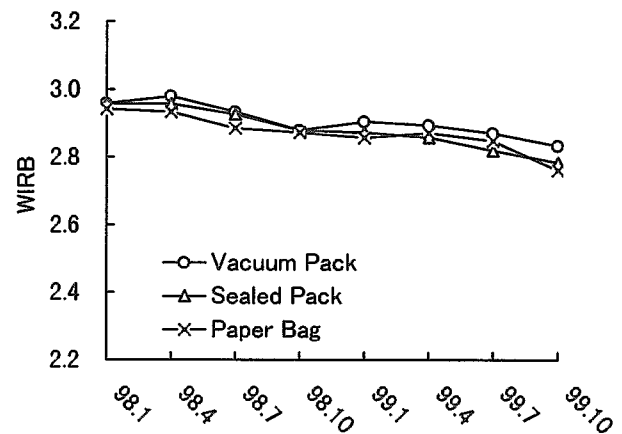
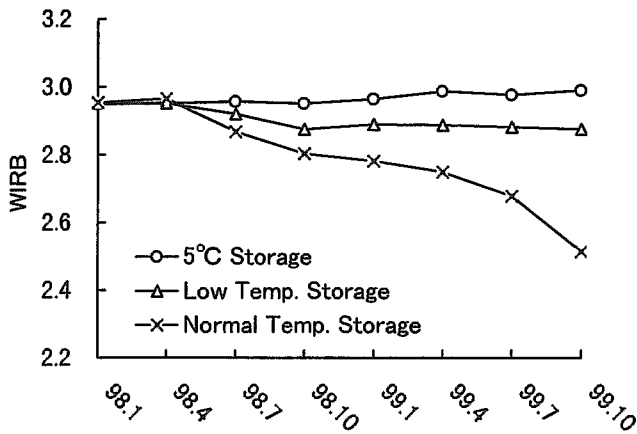


Fig.56. Changes in Weight Increase Ratio by Boiling (WIRB) of adzuki beans harvested in 1997. A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

て著しい低下がみられ、特に貯蔵18カ月目(1999年7月)以降での低下が大きかった。また、低温倉庫での変化は小さく、さらに5°C恒温庫ではほとんど変化が認められなかった。包装形態による比較では、いずれの時期においても真空区でやや高い傾向にはあったが、大きな差異はみられなかった。このように、煮熟増加比に関しては、5°C恒温庫ではほとんど変化がなく、低温倉庫ではわずかな低下が認められたが、変化の程度は小さかった。また、1999年のような高温年では、常温倉庫における煮熟増加比の低下が著しかった。

貯蔵過程におけるアン収率の変化を1995年産アズキ(Fig. 57)についてみると、貯蔵庫による比較では、東京の常温倉庫では大きな低下がみられ、道内の常温倉庫でも徐々に低下がみられたが、5°C恒温庫および低温倉庫での変化は小さかった。包装形態に関しては、明確な差異は認められなかった。1997年産アズキのアン収率の変化(Fig. 58)について、貯蔵庫による比較をすると、常

温倉庫において低下がみられ、煮熟増加比と同様に貯蔵18カ月目(1999年7月)以降での低下が大きかった。また、5°C恒温庫および低温倉庫での変化は小さかった。包装形態に関しては、明確な差異は認められなかった。このように、アン収率に関しては、5°C恒温庫での変化はほとんどなく、低温倉庫での変化もわずかであった。また、煮熟増加比と同様に、1999年のような高温年では、常温倉庫におけるアン収率の低下が著しかった。

貯蔵過程における種皮色の変化を1995年産アズキ(Fig. 59)についてみると、貯蔵庫による比較では、東京の常温倉庫でL*値およびb*値に大きな低下がみられ、道内の常温倉庫でも徐々に低下したが、貯蔵温度が低いほど変化は小さかった。また、a*値については、貯蔵温度が低いほど高い傾向にあったが、変化の程度はわずかであった。包装形態に関しては、真空区ではL*値の低下が小さく、a*値についてもやや高い傾向にあったが、その差はわずかであった。また、b*値については、紙袋区

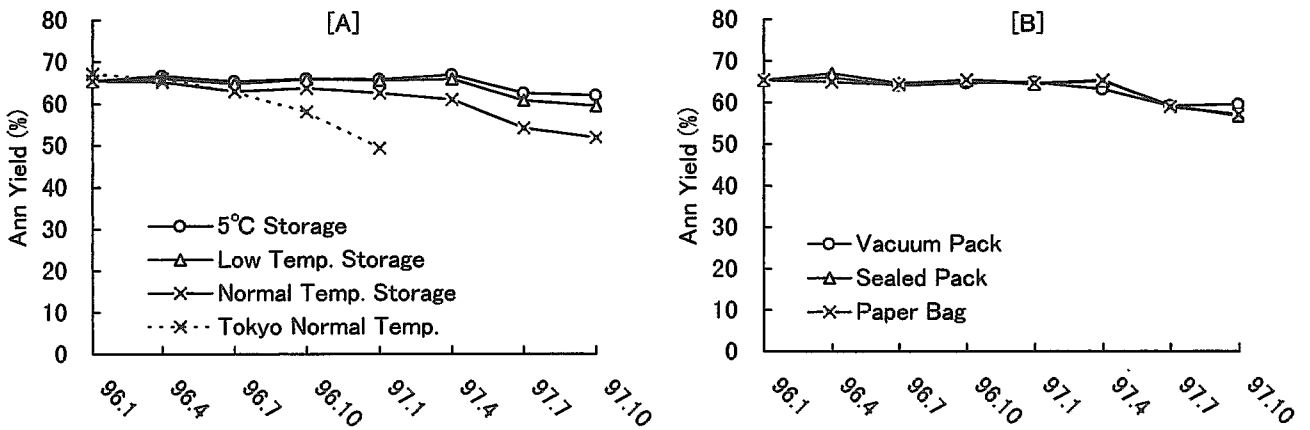


Fig.57. Changes in Ann yield of adzuki beans harvested in 1995.
A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

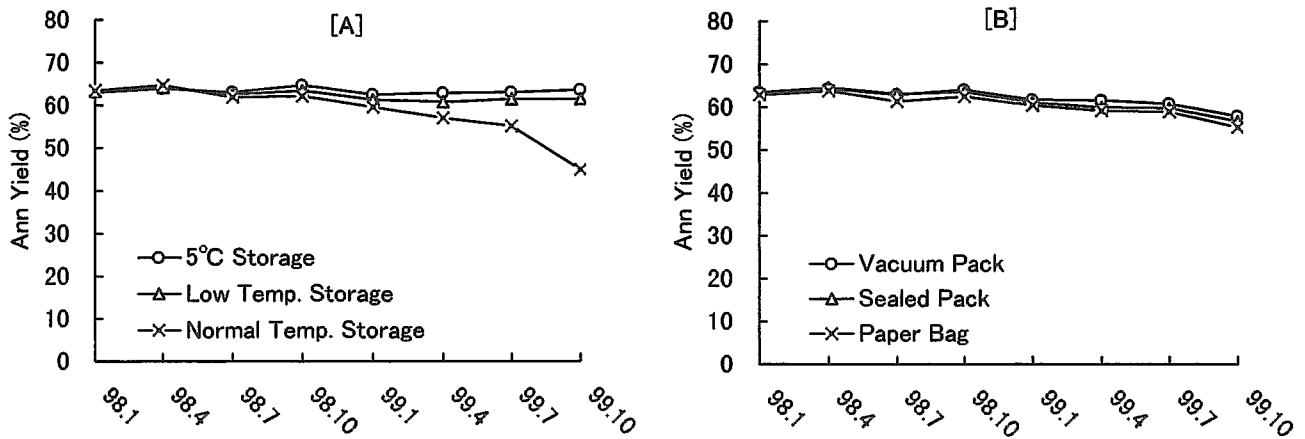


Fig.58. Changes in Ann yield of adzuki beans harvested in 1997.
A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

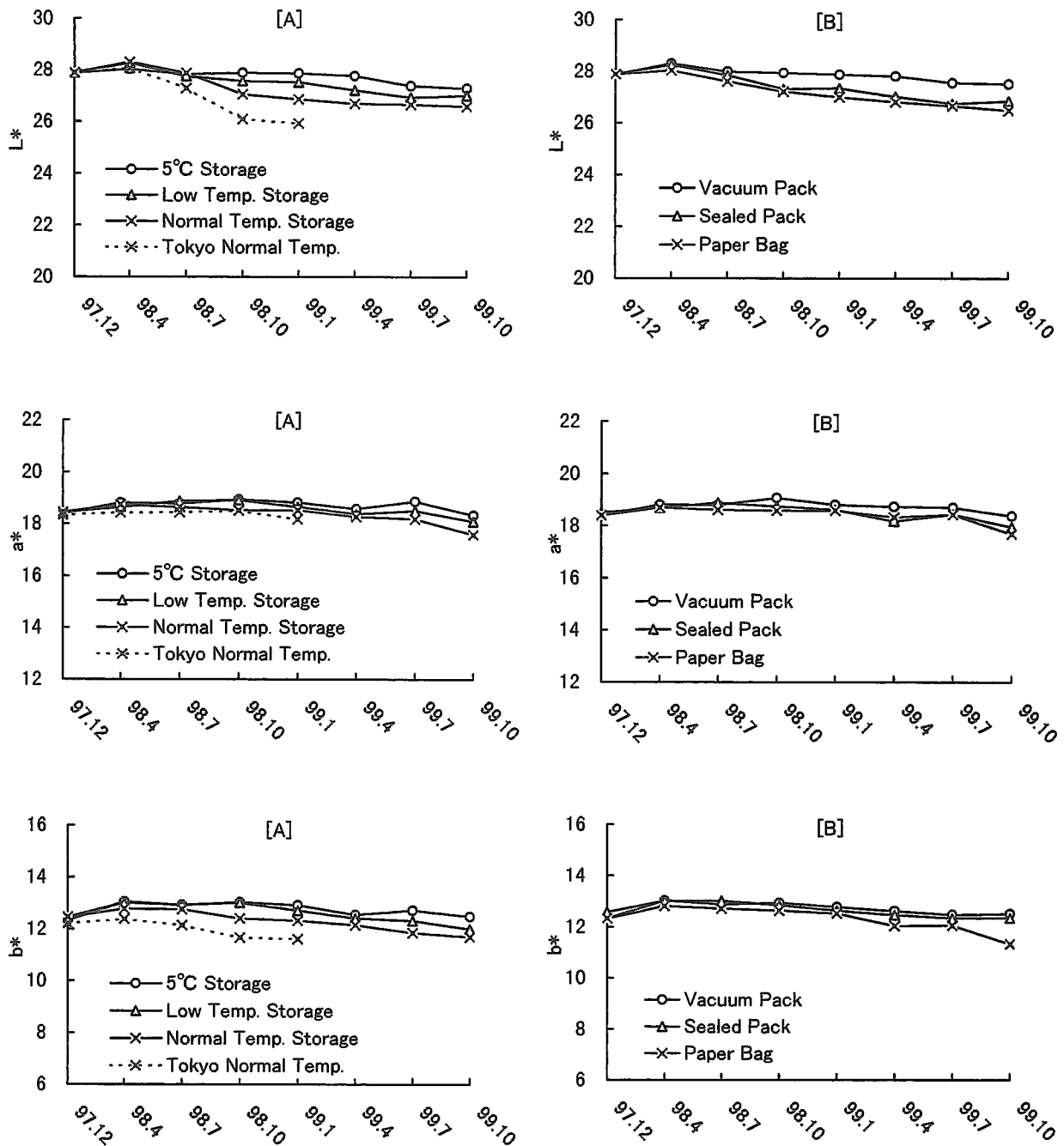


Fig.59. Changes in the seed coat colours of adzuki beans harvested in 1995.
 A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

の貯蔵 21 カ月目 (1997 年 7 月) で低下がみられた。1997 年産アズキの種皮色の変化 (Fig. 60) について、貯蔵庫による比較をすると、常温倉庫で L^* 値および b^* 値に大きな低下がみられたが、貯蔵温度が低いほど変化は小さかった。また、 a^* 値については、貯蔵温度が低いほど高い傾向にあったが、変化の程度はわずかであった。包装形態に関しては、真空区では L^* 値の低下が小さく、紙袋区では貯蔵で b^* 値の低下がやや大きかった。また、 a^* 値については、包装形態による明確な差はみられなかった。

このように、種皮色の L^* 値および b^* 値に関しては、 5°C 恒温庫では大きな変化がみられなかったが、貯蔵温度が高いほど低下の程度は大きくなる傾向にあった。また、真空包装により、 L^* 値の低下が抑制される傾向にあった。一方、 a^* 値については、貯蔵過程における変化は小さく、貯蔵温度および包装形態のいずれについても明確な差異は認められなかった。

(2) 手亡の加工特性の変化

収穫後 2 年を経過 (貯蔵 21 カ月目) した、手亡の子実

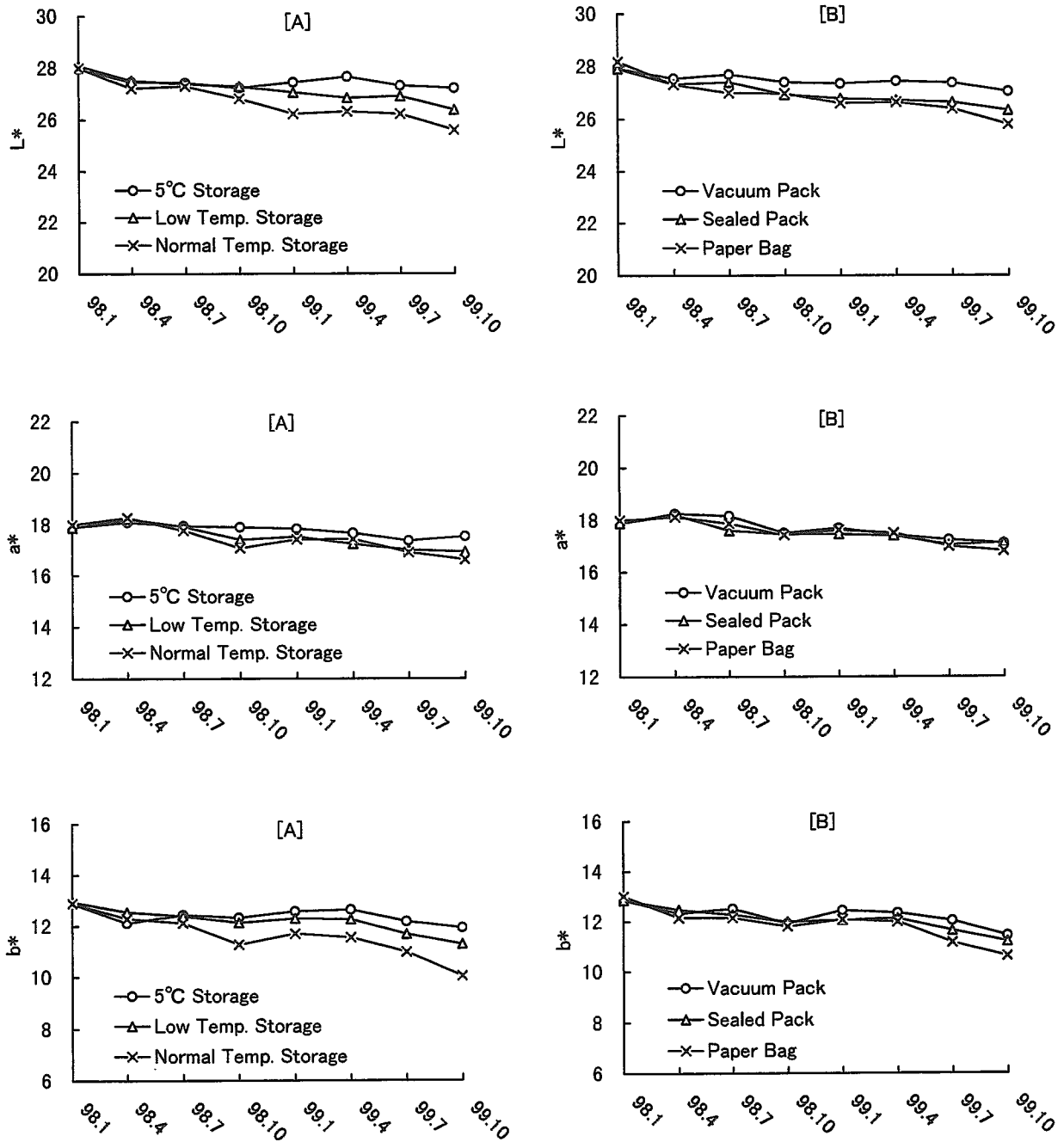


Fig.60. Changes in the seed coat colours of adzuki beans harvested in 1997.
A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

形質、成分含有率および吸水・煮熟特性の差異について、Table 41～Table 43 に示した。全貯蔵期間を通して最も品質特性の変化が小さかった、5°C恒温庫の真空区を対照として差異を検討した。その結果、発芽率は常温倉庫の密封区と紙袋区で低下していた。種皮色に関しては、L* 値が常温倉庫でわずかに低下、a* 値が常温倉庫の紙袋区でわずかに低下していたが、b* 値は低温倉庫でわずかに、常温倉庫では大きく上昇していた。水分にも変動がみられたが、貯蔵条件による一定の傾向は認められな

かった。浸漬液固形分や電気伝導率 (EC) は常温倉庫で上昇する傾向にあった。吸水増加比は、常温倉庫で低下する傾向にあったが、低下の程度はわずかであった。煮熟増加比やアン収率は常温倉庫で大きく低下し、煮熟増加比は低温倉庫の密封区と紙袋区でも、アン収率は低温倉庫の紙袋区でも低下が認められた。なお、百粒重やアン粒径および、タンパク質、デンプン、粗脂肪といった成分含有率には貯蔵条件による差は認められなかった。

次に、貯蔵期間中の品質特性の変化について検討した。

水分の変化 (Fig. 61) についてみると、貯蔵庫による比較では、5°C恒温庫では貯蔵開始直後に大きな低下がみられたが、その後の変化は小さかった。また、低温倉庫および常温倉庫でも多少の変動がみられたが、大きな低下は認められなかった。包装形態による比較では、真空

区や密封区に比べ、紙袋区では庫内湿度の影響を受けやすいため変動は大きかった。

貯蔵過程における煮熟増加比の変化 (Fig. 62) についてみると、貯蔵庫による比較では、常温倉庫において著しい低下がみられ、特に貯蔵18カ月目(1999年7月)以

Table 41. Characteristics related to the seed quality of Tebou beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	100-Seed Weight(g)	Germination (%)	Seed Coat Colour		
				L*	a*	b*
5°C	Vacuum	27.5±0.7	98±1	76.4±1.1	-0.03±0.16	9.3±0.9
	Sealed	27.5±0.3	97±2	75.7±2.1	-0.01±0.21	9.4±0.8
	Paper Bag	27.9±0.5	98±1	75.7±1.5	-0.05±0.16	9.5±0.7
Low Temp.	Vacuum	27.8±0.2	97±2	76.0±1.2	-0.05±0.22	10.0±0.7*
	Sealed	27.9±0.1	97±2	75.5±1.9	-0.09±0.19	10.2±0.8**
	Paper Bag	27.8±0.3	96±2	75.7±1.3	-0.10±0.12	10.1±1.1**
Normal Temp.	Vacuum	27.8±0.3	94±1	75.2±1.6*	-0.09±0.25	10.7±0.9**
	Sealed	27.9±0.3	91±1*	75.3±1.4*	-0.15±0.29	11.1±1.0**
	Paper Bag	27.5±0.2	86±4**	75.2±1.2*	-0.19±0.15*	11.8±1.1**

Tebou beans were harvested in 1997.

*,**; Significantly different from 5°C • Vacuum Pack at P<0.05, or P<0.01.

Table 42. Chemical composition of Tebou beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	Moisture (%)	Protein (%)	Starch (%)	Fat (%)
5°C	Vacuum	14.0±0.1	25.7±0.1	41.0±0.8	1.42±0.06
	Sealed	12.8±0.2**	25.8±0.2	41.1±0.9	1.41±0.05
	Paper Bag	13.8±0.1	25.4±0.4	41.0±0.8	1.45±0.03
Low Temp.	Vacuum	13.9±0.1	25.3±0.1	41.9±0.1	1.42±0.02
	Sealed	14.1±0.1	25.7±0.1	41.8±0.1	1.41±0.01
	Paper Bag	14.5±0.1**	26.0±0.1	41.3±0.7	1.42±0.01
Normal Temp.	Vacuum	14.2±0.1	25.6±0.1	40.5±1.0	1.46±0.01
	Sealed	13.9±0.1	25.2±0.1	40.2±1.0	1.45±0.01
	Paper Bag	14.0±0.1	25.6±0.1	40.3±0.1	1.43±0.01

Tebou beans were harvested in 1997.

*,**; Significantly different from 5°C • Vacuum Pack at P<0.05, or P<0.01.

Table 43. Characteristics related to the cooking quality of Tebou beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	DSSW (%)	EC (mS/cm)	WIRI	WIRB	Ann Yield (%)	Ann Particle Size(μm)
5°C	Vacuum	0.76±0.01	1.31±0.02	2.28±0.01	2.85±0.02	60.1±1.4	126.8±0.4
	Sealed	0.75±0.01	1.34±0.07	2.27±0.01	2.86±0.01	59.8±0.6	126.7±0.4
	Paper Bag	0.82±0.05	1.37±0.10	2.27±0.01	2.86±0.01	59.7±1.9	127.2±1.1
Low Temp.	Vacuum	0.75±0.04	1.35±0.01	2.28±0.01	2.79±0.03	56.8±1.3	127.1±0.1
	Sealed	0.85±0.06	1.40±0.06	2.27±0.01	2.76±0.03*	57.9±0.8	127.4±0.1
	Paper Bag	0.82±0.08	1.38±0.06	2.26±0.01	2.63±0.05**	56.0±0.1*	127.4±0.4
Normal Temp.	Vacuum	1.07±0.14	1.63±0.14*	2.25±0.01*	2.44±0.01**	45.4±1.6**	127.3±0.9
	Sealed	1.02±0.05	1.58±0.01	2.26±0.01	2.44±0.03**	47.1±0.5**	127.3±0.7
	Paper Bag	1.43±0.22*	1.90±0.21**	2.24±0.01**	2.32±0.01**	34.9±1.6**	128.3±0.8

Tebou beans were harvested in 1997.

DSSW; Dissolved Solid in Soaking Water, WIRI; Weight Increase Ratio by Imbibition, WIRB; Weight Increase Ratio by Boiling.

*,**; Significantly different from 5°C • Vacuum Pack at P<0.05, or P<0.01.

降での低下が大きかった。また、5℃恒温庫ではほとんど変化が認められなかったが、低温倉庫では貯蔵21月目(1999年10月)での低下がやや大きくなっていった。包装形態による比較では、真空区や密封区に比べ紙袋区では低い傾向にあった。

貯蔵過程におけるアン収率の変化 (Fig. 63) についてみると、貯蔵庫による比較では、常温倉庫において徐々に低下がみられ、煮熟増加比と同様に貯蔵18月目(1999年7月)以降での低下が大きかった。また、5℃恒温庫ではほとんど変化が認められなかったが、低温倉庫では

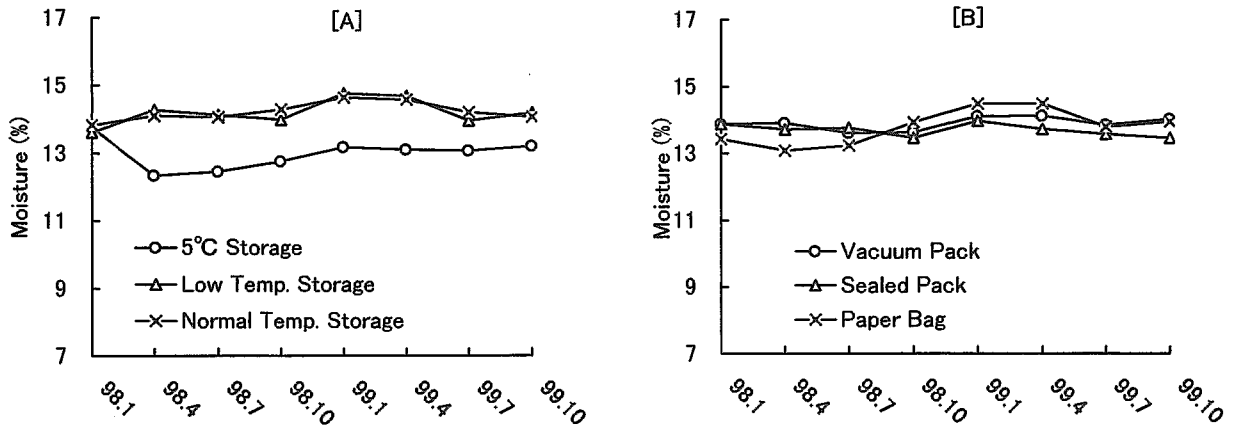


Fig.61. Changes in moisture content of Tebou beans harvested in 1997.

A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

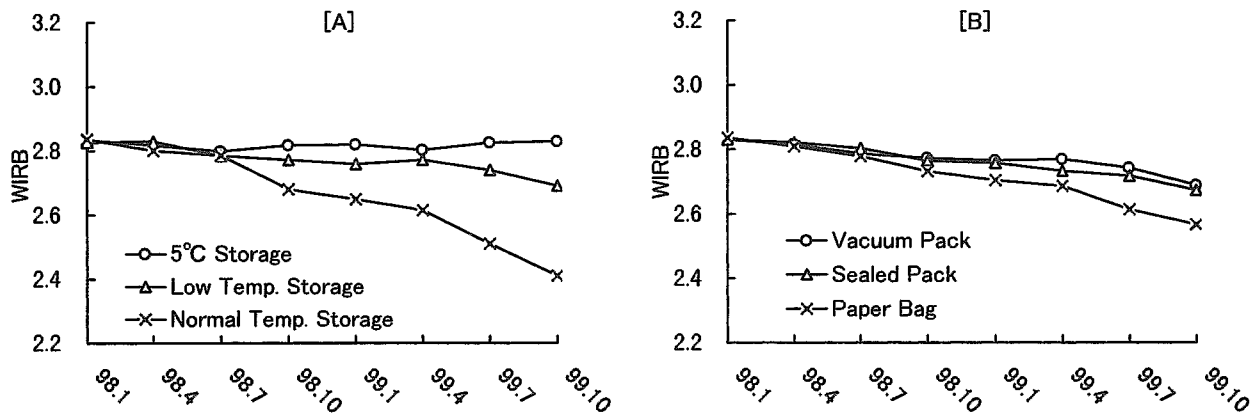


Fig.62. Changes in Weight Increase Ratio by Boiling (WIRB) of Tebou beans harvested in 1997.

A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

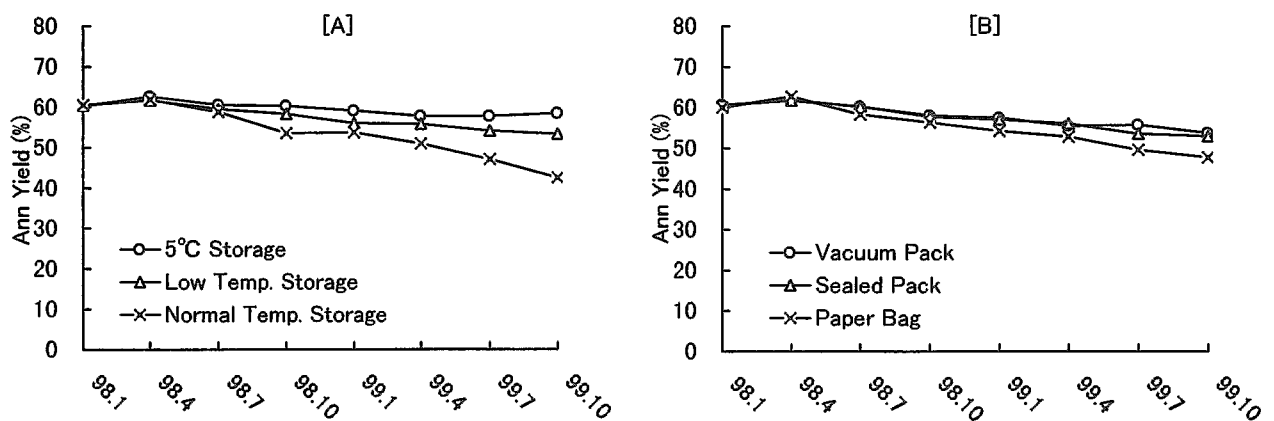


Fig.63. Changes in Ann yield of Tebou beans harvested in 1997.

A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

やや低下が認められた。包装形態による比較では、真空区や密封区に比べ紙袋区でやや低い傾向にあった。

貯蔵過程における種皮色の変化 (Fig. 64) についてみると、貯蔵庫による比較では、L* 値には明確な傾向がみられず、a* 値にはいずれの貯蔵温度でも変化は認められなかったが、b* 値には常温倉庫で大きな上昇が、低温倉庫でもわずかな上昇がみられた。包装形態に関しては、L* 値、a* 値、b* 値のいずれについても、明確な差はみられなかった。

このように手亡では、5°Cで貯蔵すると貯蔵庫の湿度

の影響により水分の低下がみられたが、収穫後2年間にわたり、煮熟特性や種皮色などの品質低下はほとんど認められず、加工適性も良好であった。15°C以下の低温貯蔵では、収穫後1年を経過すると、煮熟増加比およびアン収率がやや低下し、種皮色のb* 値がやや上昇する傾向にあったが、加工適性は常温貯蔵に比べ良好であった。包装形態に関しては、真空または密封包装により水分の変化は小さくなり、また、煮熟増加比およびアン収率の低下がやや抑制された。

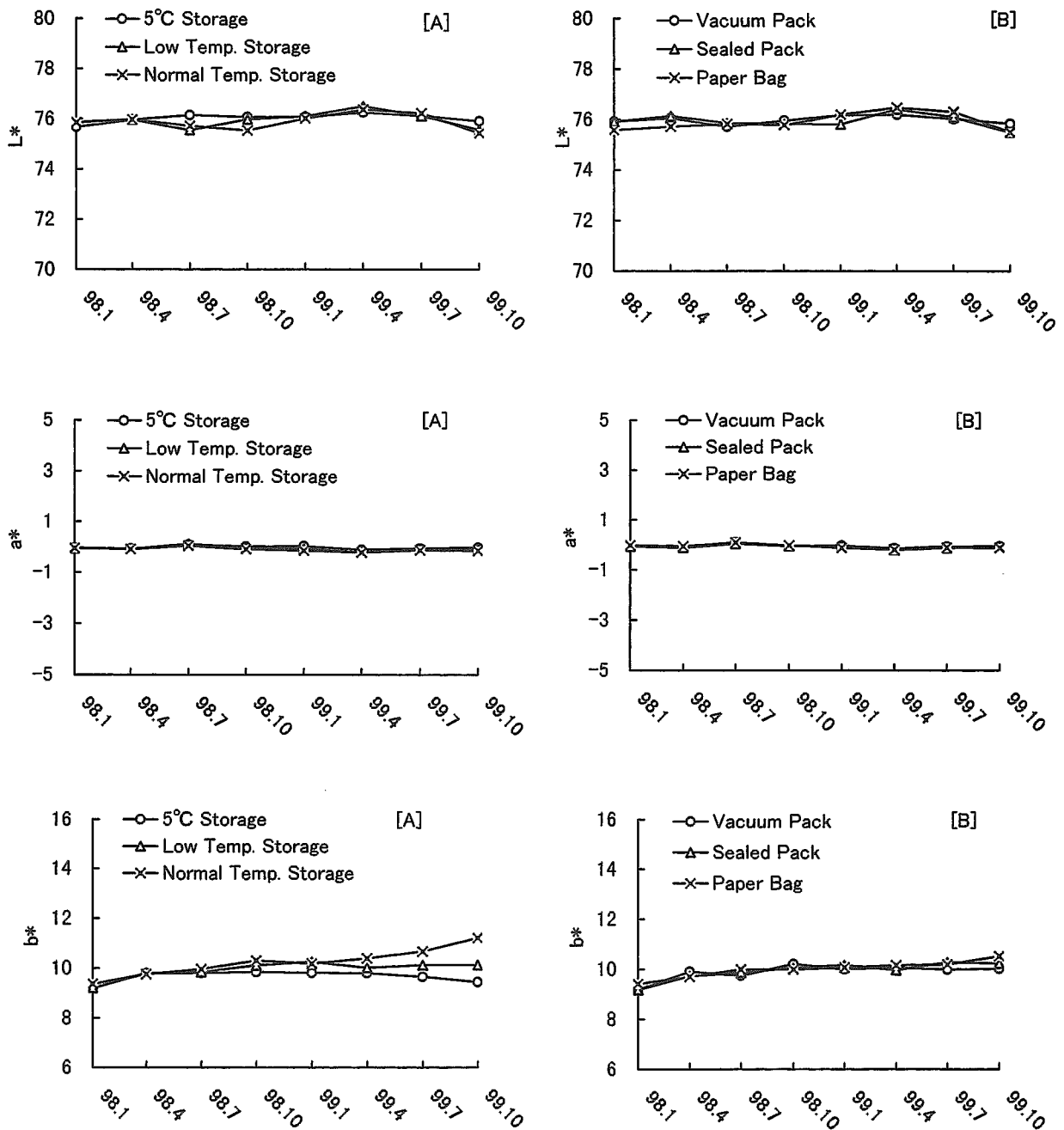


Fig.64. Changes in the seed coat colours of Tebou beans harvested in 1997.
A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

(3) 金時の加工特性の変化

収穫後2年を経過(貯蔵21カ月目)した, 金時の子実形質, 成分含有率および吸水・煮熟特性の差異について,

Table 44~Table 46 に示した。全貯蔵期間を通して最も品質特性の変化が小さかった, 5°C恒温庫の真空区を対照として差異を検討した。その結果, 種皮色に関して

Table 44. Characteristics related to the seed quality of Kintoki beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	100-Seed Weight(g)	Seed Coat Colour		
			L*	a*	b*
5°C	Vacuum	63.3±1.0	27.8±1.9	21.0±2.7	5.0±0.8
	Sealed	63.2±0.6	27.3±2.1	20.9±1.8	5.2±0.9
	Paper Bag	62.9±0.5	27.3±1.5	20.9±1.4	5.2±0.6
Low Temp.	Vacuum	62.5±0.3	27.3±1.7	19.9±2.7	4.7±0.8
	Sealed	64.0±0.6	26.4±1.4*	20.7±2.3	5.0±0.9
	Paper Bag	62.9±1.2	25.9±1.4**	19.2±2.4*	5.4±1.4
Normal Temp.	Vacuum	62.3±1.1	26.8±2.1	20.6±3.6	4.9±1.0
	Sealed	63.2±0.5	26.5±2.0*	20.4±1.7	5.8±0.9**
	Paper Bag	62.5±0.8	26.3±1.3**	18.4±2.0**	5.5±1.1

Kintoki beans were harvested in 1996.

*, **; Significantly different from 5°C • Vacuum Pack at P<0.05, or P<0.01.

Table 45. Chemical composition of Kintoki beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	Moisture (%)	Protein (%)	Starch (%)	Fat (%)
5°C	Vacuum	13.0±0.1	24.2±0.3	42.8±0.2	1.23±0.01
	Sealed	13.4±0.1*	24.0±0.8	43.2±0.6	1.22±0.01
	Paper Bag	11.7±0.2**	24.3±0.1	42.3±0.5	1.20±0.01
Low Temp.	Vacuum	14.0±0.1**	25.0±0.3	42.2±0.6	1.21±0.02
	Sealed	14.1±0.1**	25.3±0.1	42.2±0.4	1.21±0.02
	Paper Bag	14.2±0.1**	24.5±0.6	42.1±0.5	1.24±0.03
Normal Temp.	Vacuum	14.3±0.1**	24.7±0.9	42.3±0.5	1.23±0.02
	Sealed	13.9±0.1**	24.7±0.6	42.7±0.2	1.24±0.02
	Paper Bag	14.5±0.1**	24.2±0.7	41.7±0.7	1.24±0.02

Kintoki beans were harvested in 1996.

*, **; Significantly different from 5°C • Vacuum Pack at P<0.05, or P<0.01.

Table 46. Characteristics related to the cooking quality of Kintoki beans stored for 21 months.

Storage	Packing Form	DSSW (%)	EC (mS/cm)	WIRI	WIRB	Hardness for Cotyledon(N)	Hardness for Seed Coat(N)
5°C	Vacuum	0.86±0.03	0.83±0.04	1.97±0.01	2.30±0.03	44.1±0.1	7.45±0.24
	Sealed	0.93±0.10	0.91±0.02	1.96±0.01	2.28±0.01	44.9±1.1	7.66±0.20
	Paper Bag	0.90±0.01	0.95±0.12	1.99±0.01	2.31±0.02	45.1±0.9	7.15±0.30
Low Temp.	Vacuum	0.93±0.07	0.93±0.07	1.94±0.01*	2.22±0.01*	49.1±0.8**	9.33±0.19**
	Sealed	0.90±0.01	0.87±0.06	1.95±0.01*	2.21±0.01*	49.9±0.3**	9.06±0.11**
	Paper Bag	0.97±0.07	0.90±0.01	1.93±0.01**	2.22±0.04*	49.9±0.6**	9.36±0.44**
Normal Temp.	Vacuum	1.19±0.06**	1.15±0.05**	1.93±0.01**	2.20±0.01**	50.2±0.3**	9.46±0.25**
	Sealed	1.09±0.02*	1.07±0.03*	1.93±0.01**	2.17±0.01**	51.9±1.5**	9.90±0.09**
	Paper Bag	1.20±0.13**	1.13±0.04**	1.92±0.01**	2.19±0.03**	56.9±0.8**	10.42±0.11**

Kintoki beans were harvested in 1996.

DSSW; Dissolved Solid in Soaking Water, WIRI; Weight Increase Ratio by Imbibition, WIRB; Weight Increase Ratio by Boiling.

*, **; Significantly different from 5°C • Vacuum Pack at P<0.05, or P<0.01.

は、L* 値が低温倉庫および常温倉庫の密封区と紙袋区でわずかに低下、a* 値が低温倉庫および常温倉庫の紙袋区でわずかに低下していたが、b* 値は常温倉庫の密封区でわずかに上昇していた。水分はいずれの貯蔵条件にも変動がみられたが、貯蔵条件による一定の傾向は認められなかった。浸漬液固形分や電気伝導率 (EC) は常温倉庫で上昇する傾向にあった。吸水増加比は、低温倉庫および常温倉庫でわずかに低下する傾向にあった。煮熟増加比は低温倉庫および常温倉庫で低下が認められた。煮熟粒の硬度に関しては、子葉部、種皮部とも低温倉庫および常温倉庫で上昇し、特に常温倉庫における上昇が著しかった。なお、タンパク質、デンプン、粗脂肪といった成分含有率や百粒重には貯蔵条件による差は認められなかった。

次に、貯蔵期間中の品質特性の変化について検討した。貯蔵過程における水分の変化 (Fig. 65) についてみると、貯蔵庫による比較では、5°C恒温庫では大きな変動がみられ、やや低下する傾向にあった。低温倉庫および常

倉庫でも多少の変動がみられたが、5°C恒温庫とは逆にやや上昇する傾向にあった。包装形態による比較では、真空区や密封区に比べ、紙袋区では庫内湿度の影響を受けやすいため変動は大きかった。

貯蔵過程における煮熟増加比の変化 (Fig. 66) についてみると、貯蔵庫による比較では、常温倉庫において最も大きな変化がみられ、貯蔵3ヶ月目 (1997年4月) から低下した。低温倉庫でも貯蔵12ヶ月目 (1998年1月) 以降では低下がやや大きくなっていった。また、5°C恒温庫でも徐々に低下がみられたが、その変化は小さかった。包装形態による比較では、貯蔵12ヶ月目 (1998年1月) 以降では、真空区が密封区や紙袋区に比べやや高い傾向にあったが、その差はわずかであった。

貯蔵過程における煮熟硬度の変化 (Fig. 67) についてみると、子葉部硬度は全ての貯蔵庫で徐々に上昇がみられ、貯蔵温度が高いほど上昇の程度が大きかった。包装形態による比較では、紙袋区が真空区や密封区に比べやや高い傾向にあったが、その差はわずかであった。種皮

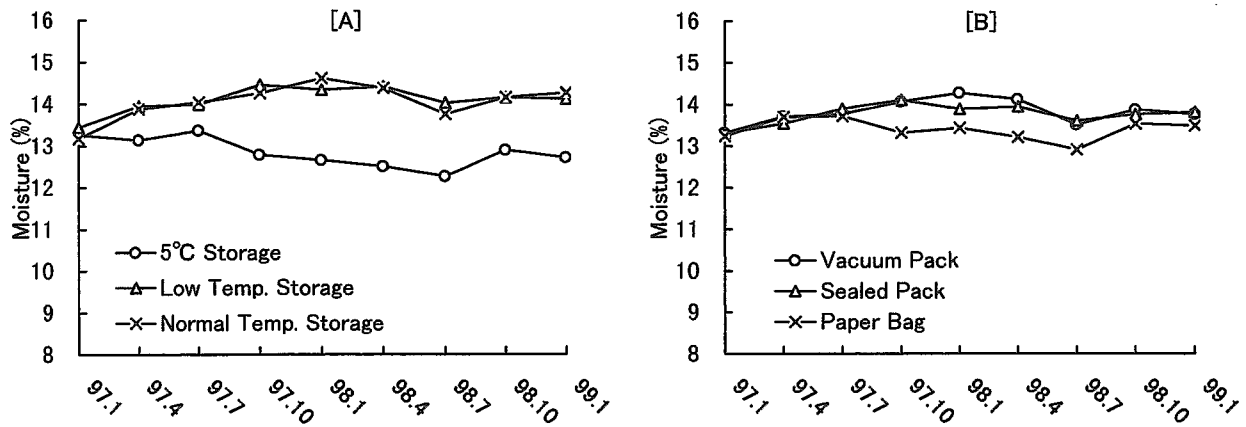


Fig.65. Changes in moisture content of Kintoki beans harvested in 1996.
A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

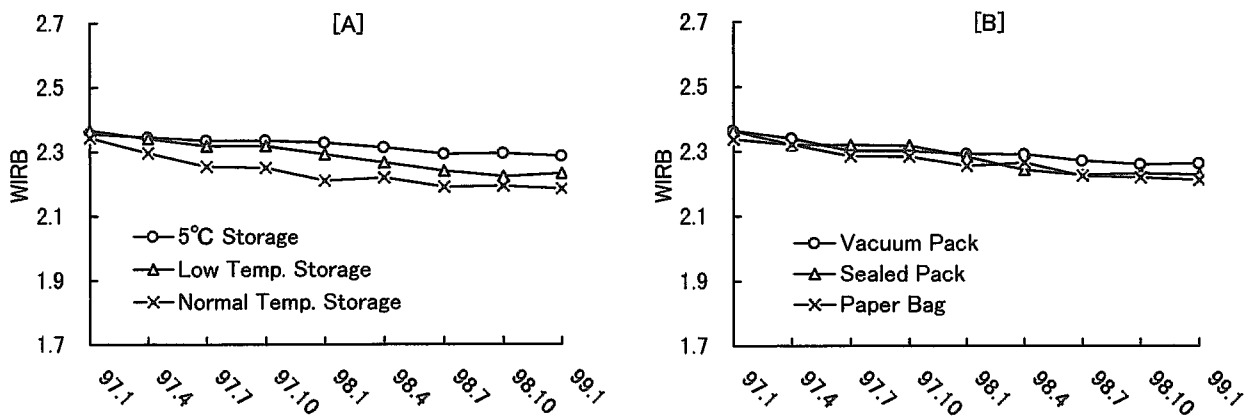


Fig.66. Changes in Weight Increase Ratio by Boiling (WIRB) of Kintoki beans harvested in 1996.
A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

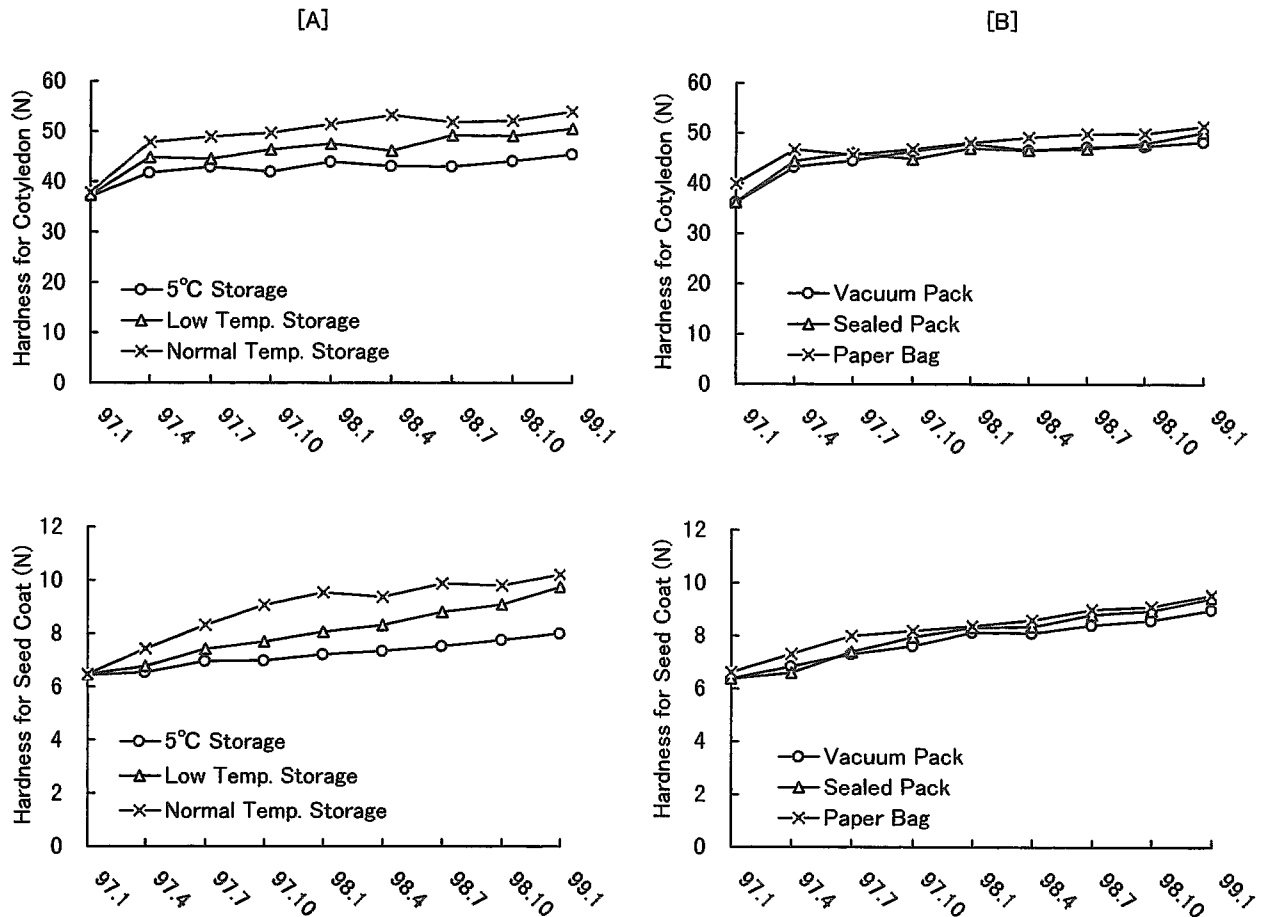


Fig.67. Changes in Hardness of boiled Kintoki beans harvested in 1996.
A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

部硬度についても子葉部硬度と同様に、全ての貯蔵庫で徐々に上昇がみられ、貯蔵温度が高いほど上昇の程度が大きかった。包装形態による比較では、紙袋区が真空区や密封区に比べやや高い傾向にあったが、その差はわずかであった。

貯蔵過程における種皮色の変化 (Fig. 68) についてみると、貯蔵庫による比較では、 L^* 値は徐々に低下する傾向にあったが、 5°C 恒温庫では他の貯蔵温度よりも低下の程度は小さかった。 a^* 値および b^* 値には、いずれの貯蔵温度でも大きな差は認められなかった。包装形態に関しては、真空区では他の区よりも L^* 値の低下がやや小さく、また、紙袋区では貯蔵 18 月目 (1998 年 10 月) 以降で a^* 値に低下がみられたが、 b^* 値には差が認められなかった。

以上のように金時では、 5°C で貯蔵することにより、収穫後 2 年間にわたり、煮熟特性や種皮色などの品質低下は小さかった。なお、 5°C の紙袋区では庫内の湿度の影響を受けやすいため水分の変動が大きかったものと考えられた。従って、 5°C 恒温庫に紙袋で長期貯蔵する場

合には、ある程度の湿度の制御あるいは真空または密封包装が望ましいものと考えられた。また、 15°C 以下の低温貯蔵であっても、煮熟増加比の低下および煮熟粒硬度の上昇が認められたが、常温貯蔵に比べるとその程度は小さかった。

(4) 加工特性と品質関連形質の関係

アズキ、手亡および金時の貯蔵過程における、加工特性の変化と品質関連形質の関係について検討した。アズキについて (Table 47) は、電気伝導率 (EC) は、煮熟増加比 ($r = -0.879^{**}$) およびアン収率 ($r = -0.827^{**}$, Fig. 69) と高い負の相関関係が認められた。浸漬液固形分も同様に、煮熟増加比 ($r = -0.853^{**}$) およびアン収率 ($r = -0.853^{**}$) と高い負の相関関係が認められた。発芽率と煮熟増加比およびアン収率の間には、高い正の相関関係が認められたが、これは長期貯蔵により発芽率の低下したアズキでは煮熟性が低下していたためであり、貯蔵初期では煮熟性の低いアズキが必ずしも発芽率も低いものではなかった。また、貯蔵試料についても、品種や産地、収穫年次の異なる試料と同様に、煮熟増加比とア

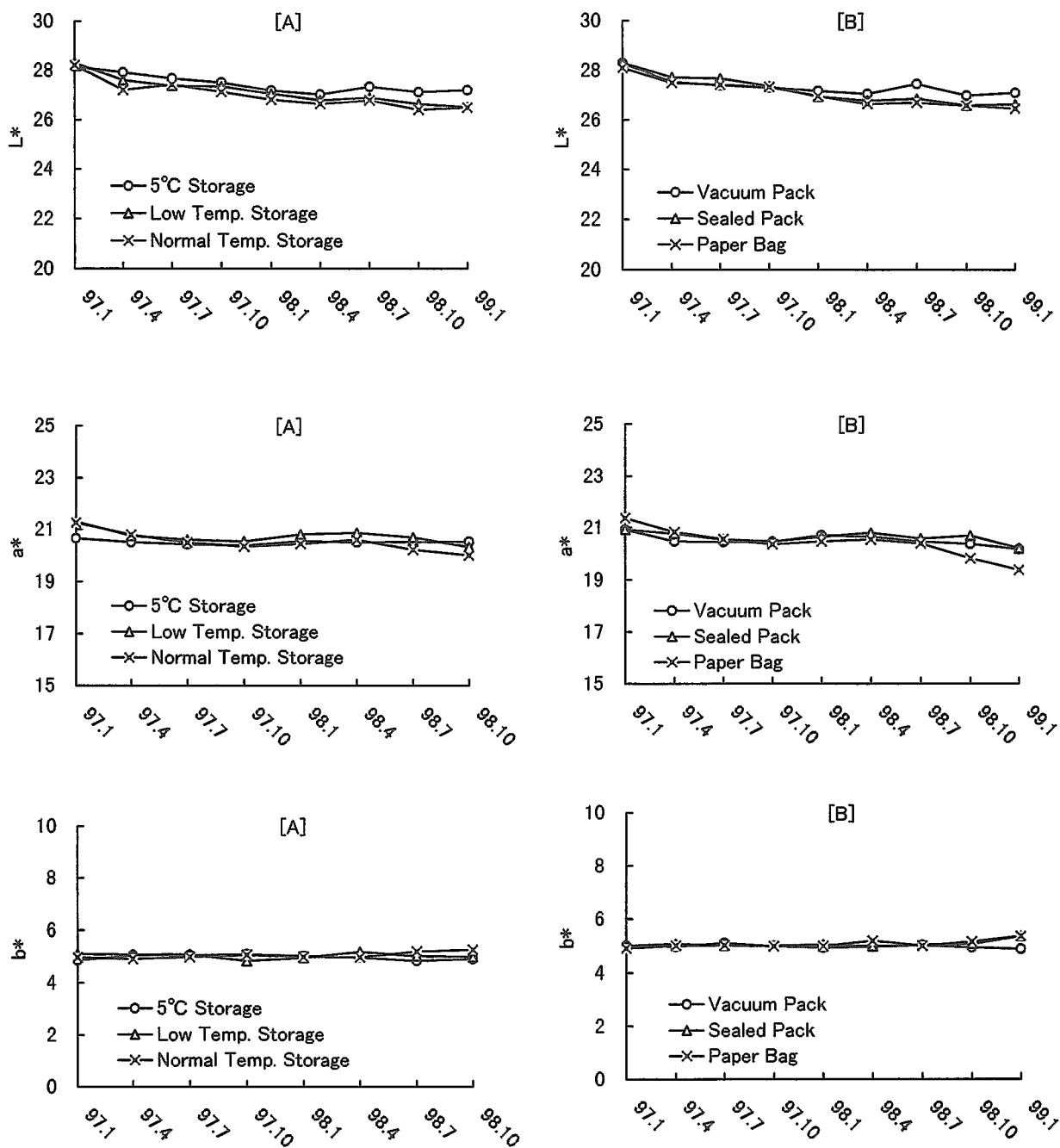


Fig.68. Changes in the seed coat colours of Kintoki beans harvested in 1996.
A: Differences between storage temp., B: Differences between packing form.

Table 47. Correlations between characteristics related to the cooking quality of adzuki beans during storage for 21 months.

	100-seed Weight	Moisture Content	WIRI	DSSW	EC	Germination Percentage	WIRB
Moisture Content	0.087						
WIRI	-0.189	0.552**					
DSSW	-0.046	0.098	-0.275*				
EC	-0.173	-0.081	-0.244*	0.925**			
Germination Percentage	0.108	0.049	0.323**	-0.854**	-0.810**		
WIRB	0.110	0.013	0.329**	-0.853**	-0.879**	0.774**	
Ann Yield	0.128	0.118	0.363**	-0.844**	-0.827**	0.863**	0.903**

Adzuki beans were harvested in 1997.

DSSW; Dissolved Solid in Soaking Water, WIRI; Weight Increase Ratio by Imbibition, WIRB; Weight Increase Ratio by Boiling.
*, P<0.05, **, P<0.01, n=68.

ン収率の間には高い正の相関関係 ($r=0.903^{**}$) が認められた。

手亡について (Table 48) もアズキと同様に、電気伝導率 (EC) は、煮熟増加比 ($r=-0.684^{**}$) およびアン収率 ($r=-0.742^{**}$, Fig. 70) と高い負の相関関係が認められた。浸漬液固形分も同様に、煮熟増加比 ($r=-0.736^{**}$) およびアン収率 ($r=-0.748^{**}$) と高い負の相関関係が認められた。発芽率と煮熟増加比およびアン収率の間には、高い正の相関関係が認められたが、アズキと同様に貯蔵初期では、煮熟性の低い手亡が必ずしも発芽率も低いものではなかった。また、煮熟増加比とアン収率の間には高い正の相関関係 ($r=0.892^{**}$) が認められた。

金時について (Table 49) は、電気伝導率 (EC) は、

煮熟増加比 ($r=-0.611^{**}$) とは高い負の相関が認められ、子葉部硬度 ($r=0.532^{**}$) および種皮部硬度 ($r=0.564^{**}$) とは高い正の相関関係が認められた (Fig. 71)。浸漬液固形分についても、この傾向は同様であった。また、煮熟増加比と子葉部硬度 ($r=-0.768^{**}$) および種皮部硬度 ($r=-0.741^{**}$) とは高い負の相関関係にあった。

以上のように、アズキ、手亡、金時のいずれについても、長期貯蔵により煮熟性の劣化したものでは、電気伝導率 (EC) および浸漬液固形分の上昇がみられ、これらは、アズキおよび手亡のアン収率とは高い負の相関が、金時の煮熟粒硬度とは高い正の相関が認められた。なお、いずれの豆類についても、電気伝導率 (EC) と浸漬液固形分の間には、高い正の相関関係 (アズキ; $r=0.925^{**}$, 手亡; $r=0.871^{**}$, 金時; $r=0.722^{**}$) が認められた。

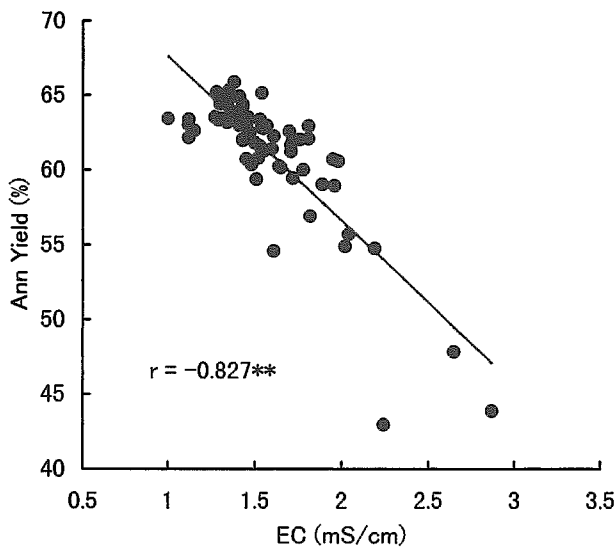


Fig.69. Relationship between Electric Conductivity (EC) of soaking water and Ann yield of adzuki beans harvested in 1997. (n=68)

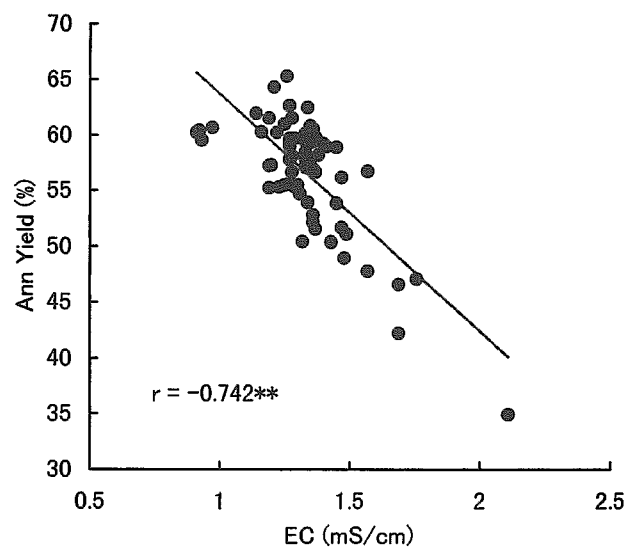


Fig.70. Relationship between Electric Conductivity (EC) of soaking water and Ann yield of Tebou beans harvested in 1997. (n=68)

Table 48. Correlations between characteristics related to the cooking quality of Tebou beans during storage for 21 months.

	100-seed Weight	Moisture Content	WIRI	DSSW	EC	Germination Percentage	WIRB
Moisture Content	-0.172						
WIRI	0.036	0.162					
DSSW	-0.144	0.109	-0.549**				
EC	-0.086	0.027	-0.403**	0.871**			
Germination Percentage	0.231	-0.137	0.340**	-0.557**	-0.517**		
WIRB	0.185	-0.275*	0.403**	-0.736**	-0.684**	0.638**	
Ann Yield	0.184	-0.279*	0.287*	-0.748**	-0.742**	0.530**	0.892**

Tebou beans were harvested in 1997.

DSSW; Dissolved Solid in Soaking Water, WIRI; Weight Increase Ratio by Imbibition, WIRB; Weight Increase Ratio by Boiling. *, $P<0.05$, **, $P<0.01$, n=68.

Table 49. Correlations between characteristics related to the cooking quality of Kintoki beans during storage for 21 months.

	100-seed Weight	Moisture Content	WIRI	DSSW	EC	WIRB	Hardness for Cotyledon
Moisture Content	-0.164						
WIRI	0.070	-0.912**					
DSSW	-0.030	0.016	-0.151				
EC	0.091	-0.061	-0.091	0.722**			
WIRB	-0.106	-0.312**	0.441**	-0.627**	-0.611**		
Hardness for Cotyledon	0.008	0.456**	-0.516**	0.449**	0.532**	-0.768**	
Hardness for Seed Coat	0.096	0.464**	-0.558**	0.480**	0.564**	-0.741**	0.849**

Kintoki beans were harvested in 1996.

DSSW; Dissolved Solid in Soaking Water, WIRI; Weight Increase Ratio by Imbibition, WIRB; Weight Increase Ratio by Boiling.
*; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$, $n = 64$.

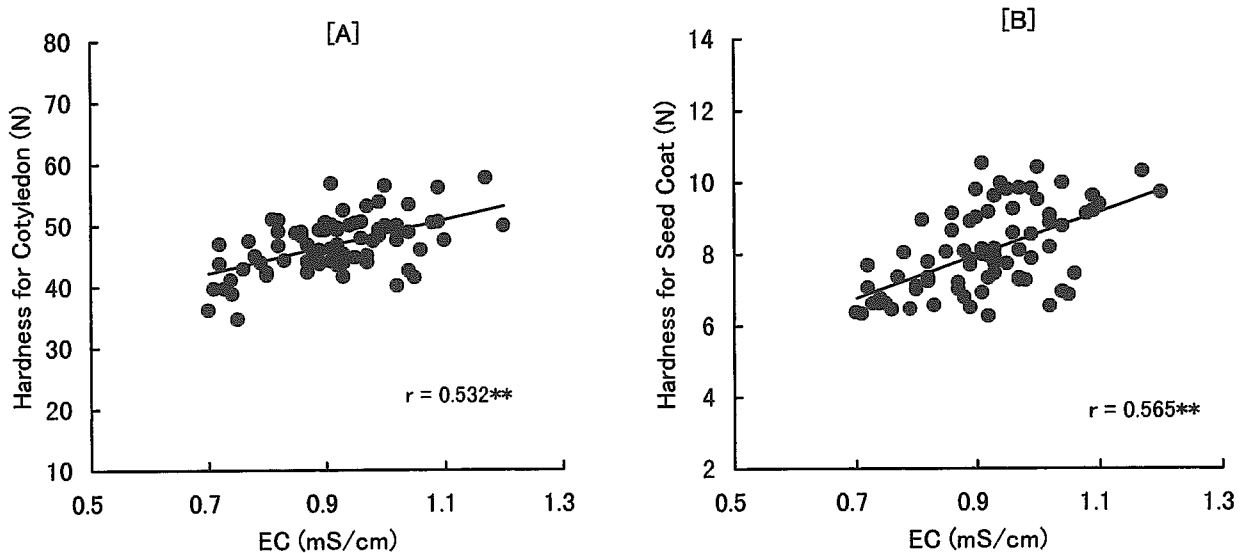


Fig.71. Relationship between Electric Conductivity (EC) of soaking water and hardness for boiled beans of Kintoki beans harvested in 1996.
A: hardness for cotyledon, B: hardness for seed coat ($n = 77$).

次に、アズキ、手亡および金時の貯蔵過程における加工特性の変化に影響を及ぼす (Jones and Boulter, 1983 ; Moscoso et al., 1984 ; Aguilera and Rivera, 1992 ; Liu et al., 1992) と考えられるペクチン組成について検討した。貯蔵 21 カ月目におけるアズキ、手亡および金時のペクチン組成を、Fig. 72 に示した。いずれのマメ類についても、常温倉庫で貯蔵したものでは水溶性ペクチン (WSP) の割合が低下し、リン酸可溶性ペクチン (PSP) および塩酸可溶性ペクチン (HSP) の割合が上昇していた。また、アズキでは全ペクチン含量が 1900mg% であったのに対し、手亡では 4070mg%、金時では 3100mg% と高くなっており、この傾向は異なる収穫年次のマメ類でも同様であった。従って、アズキよりもインゲンマメで貯蔵温度による影響がより大きかったことの原因の一つとして、全ペクチン含量の差異が考えられた。

これらのことから、常温倉庫で長期間貯蔵することによりマメ類の煮熟性が低下する原因としては、煮熟過程における子実の軟化に関与する成分である、ペクチンの可溶性の低下がその要因の一つとして考えられた。また、常温倉庫で長期間貯蔵したマメ類では、浸漬液固形分や電気伝導率の上昇がみられたことから、マメ類子実の細胞膜が損傷を受け、細胞内の 2 価のカチオンが細胞外へ漏出し、これがペクチンと結合している 1 価のカチオンと置換することにより不溶化を促進したり、また、ペクチン・メチル・エステラーゼ (PMS) を活性化することにより、ペクチンの β -脱離を抑制する作用を及ぼしている (Reyes-Moreno and Paredes-Lopez, 1993 ; Liu, 1995) ものと考えられた。今回の試験結果からは、細胞膜の劣化による電解質の漏出やペクチン組成の変化が確認され、これらがペクチンの β -脱離の抑制や可溶化の抑

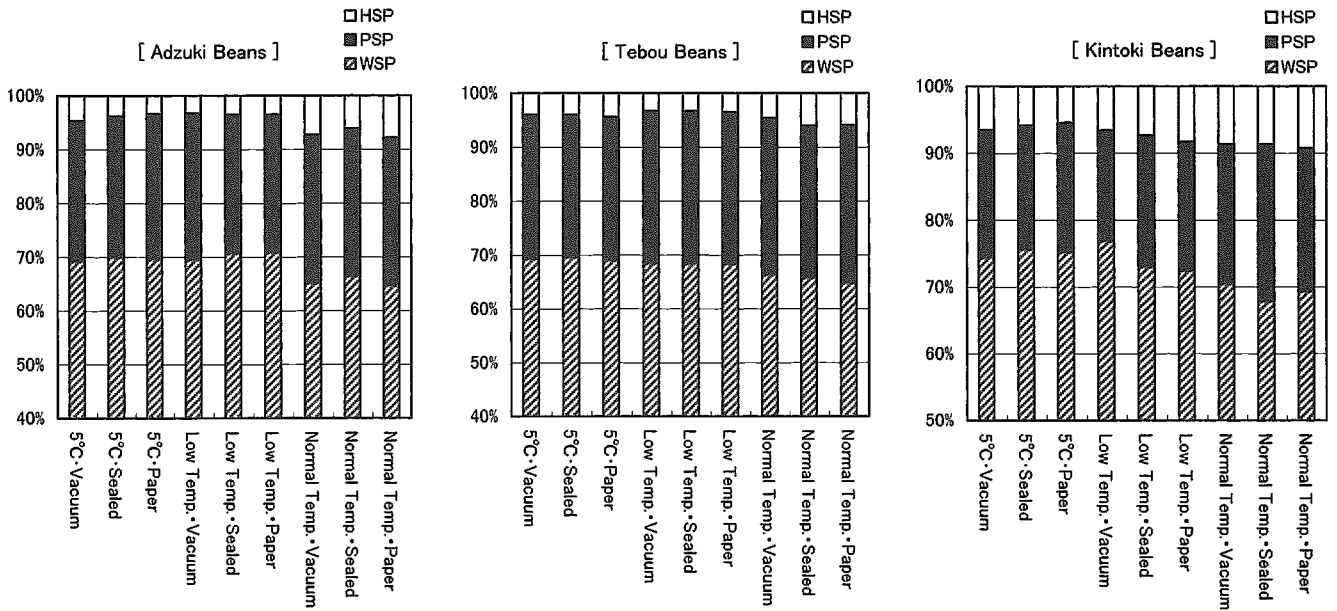


Fig.72. Pectin composition of adzuki beans, Tebou beans and Kintoki beans stored for 21 months. Adzuki beans and Tebou beans were harvested in 1997, and Kintoki beans were harvested in 1996. WSP; Water Soluble Pectin, PSP; Phosphate Soluble Pectin, HSP; Hydrochloride Soluble Pectin.

制を引き起こし、マメ類子実の煮熟性低下の原因となっていることが示唆された。

2. 貯蔵温度を異にしたオーストラリア産アズキの加工特性の差異

(1) 子実形質および加工特性の差異

10°Cおよび30°Cで6カ月間貯蔵した後の、「エリモショウズ」および「Bloodwood」の子実形質を Table 50 に示した。水分含有率は、30°C貯蔵の「エリモショウズ」で低い傾向にあったが、品種による差異はわずかであった。また、貯蔵期間中は湿度が65%に維持されていたため、貯蔵温度による差異も小さかった。百粒重には、品種間および貯蔵温度による差異は認められなかった。種皮色には、品種および貯蔵温度による差が認められ、10°C貯蔵の場合、「エリモショウズ」のL*値およびb*値は、「Bloodwood」よりもやや低かったが、これらの値は30°C貯蔵のものよりも著しく高かった。a*値については、品種および貯蔵温度による差が小さかった。種皮色の差異

を2次元座標表示により比較すると、品種間よりも貯蔵温度による差異が大きく、高温で貯蔵することにより暗色化していることが確認された (Fig. 73)。

アズキは品種によって、種皮色、百粒重および煮熟特性といった品質特性が異なり(加藤ら, 1992), 貯蔵に伴う調理特性の劣化の程度も異なることが報告されている(畑井, 1982b)。Table 51 に、10°Cおよび30°Cで6カ月間貯蔵後の「エリモショウズ」と「Bloodwood」の煮熟増加比、平均アン粒径および生アン色を示した。煮熟増加比は同じ貯蔵温度で比較した場合、「Bloodwood」に比べ「エリモショウズ」が高い傾向にあり、両品種とも10°C貯蔵に比べ30°C貯蔵では著しく低下した。このように、高温貯蔵したものでは煮熟性が劣っており、これらのアズキが十分に煮えるように個々に時間調整した場合、煮熟時間に著しい差を生じた。すなわち、煮熟増加比の最も大きかった10°C貯蔵の「エリモショウズ」で煮熟時間が最も短く、煮熟増加比の最も小さかった30°C貯蔵の「Bloodwood」で最も長かった (Table 37)。30°Cで貯蔵

Table 50. Characteristics related to the seed quality of adzuki beans stored for six months.

Variety	Storage Temp.(°C)	Seed Moisture(%)	100-seed weight(g)	seed coat colour		
				L*	a*	b*
Erimoshouzu	10	11.8±0.1 ^a	10.6±0.1 ^a	26.3±0.5 ^a	19.4±0.5 ^{ab}	9.4±0.4 ^a
Erimoshouzu	30	11.1±0.2 ^b	10.5±0.1 ^a	24.5±0.4 ^b	19.1±0.3 ^a	7.6±0.3 ^b
Bloodwood	10	12.1±0.1 ^a	10.6±0.1 ^a	26.9±0.3 ^c	19.6±0.4 ^b	10.0±0.5 ^c
Bloodwood	30	11.8±0.1 ^a	10.4±0.2 ^a	25.3±0.5 ^d	19.1±0.5 ^a	9.4±0.4 ^a

Data represent mean± SD, means which share no common following letters differ significantly at P<0.05.

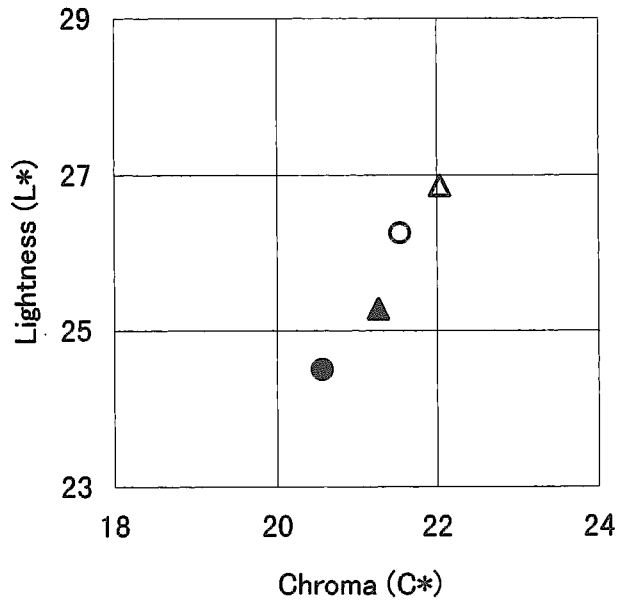


Fig.73. Seed coat colour of adzuki beans stored at 10°C (○, Erimoshouzu, △, Bloodwood) and 30°C (●, Erimoshouzu; ▲, Bloodwood) for 6 months.

Table 51. Characteristics related to the cooking quality of adzuki beans stored for six months.

Variety	Storage Temp.(°C)	WIRB	Ann particle size(μm)	Non-sugared Ann colour		
				L*	a*	b*
Erimoshouzu	10	3.02±0.01 ^a	98.6±0.6 ^a	41.6±0.1 ^a	7.4±0.1 ^a	5.6±0.1 ^a
Erimoshouzu	30	2.73±0.11 ^b	98.7±0.7 ^a	40.3±0.1 ^b	7.1±0.1 ^b	7.3±0.1 ^b
Bloodwood	10	2.84±0.01 ^b	103.7±0.2 ^b	41.6±0.1 ^a	7.5±0.1 ^a	7.4±0.1 ^b
Bloodwood	30	2.48±0.03 ^c	104.3±0.8 ^a	40.1±0.1 ^b	7.7±0.1 ^c	8.4±0.1 ^c

Data represent mean ± SD, means which share no common following letters differ significantly at P<0.05. WIRB; Weight Increase Ratio by Boiling.

したアズキの煮熟増加比は著しく低下し、インゲンマメと比較して、その低下の程度はより大きいことが報告されている(加藤ら, 1997)。一般に、高温高湿条件でマメ類を貯蔵すると、「Hard-To-Cook (HTC)」と呼ばれる煮熟性の低下がみられる (Jones and Boulter, 1983 ; Moscoso et al., 1984 ; Aguilera and Rivera, 1992 ; Liu et al., 1992)。今回の結果から、煮熟性の低下に関わる温度の影響は、「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」でより大きいことが示唆された。

「Bloodwood」の平均アン粒径は、「エリモショウズ」よりも約 5 μm ほど大きかったが、両品種の百粒重には差が認められなかった。これは、北海道産のアズキについて報告されている、百粒重と平均アン粒径の間の正の相関関係 (加藤ら, 1994) とは異なる傾向であり、「Bloodwood」の子葉細胞の大きさは、「エリモショウズ」に比べて大きいものと考えられた。その理由としては、

両品種の遺伝的背景の違いや、播種および収穫時期、登熟期間の気象条件、栽培期間中の灌漑など、日本とは異なるオーストラリアの栽培条件が、子葉細胞の肥大に影響を及ぼしている可能性が考えられた。なお、こしアンとして加工する場合には、平均アン粒径の差異が舌ざわりに影響を及ぼし、5 μm 程度の差異を感知し得ることから (加藤ら, 1994)、「エリモショウズ」の方が「Bloodwood」よりもなめらかな舌ざわりのアンになるものと考えられた。

生アンの色は、同じ貯蔵温度では「エリモショウズ」と「Bloodwood」の L* 値には差がなかったが、両品種とも 10°C 貯蔵に比べ 30°C 貯蔵では低下した。10°C 貯蔵の「エリモショウズ」と「Bloodwood」の a* 値には差がなかった。一方、b* 値については、10°C 貯蔵の「エリモショウズ」で最も低く、30°C 貯蔵の「Bloodwood」で最も高かった。両品種とも、30°C で貯蔵することにより、b* 値

は著しく上昇した。畑井(1989b)もまた、高温貯蔵により生アンの色調は明度が低下し、黄色が強くなることを報告している。アンの色としては紫がかかった色が良好な色とされ、 b^* 値が高いと茶色がかかった色となり好まれな。従って、生アンの色としては、「Bloodwood」よりも「エリモショウズ」が、貯蔵温度では30°Cよりも10°Cが好ましいものと考えられた。

以上のように、「Bloodwood」の子実品質は「エリモショウズ」と類似していたが、両者の製アン特性には差が認められた。

(2) 官能試験によるつぶアンの比較

アズキの品質特性の差異がアン製品にまで影響を及ぼすかどうかを確認するため、品種および貯蔵温度の異なるこれらのアズキを原料とする、つぶアンの官能試験を行った。通常、製アン業者は原料アズキの性状に応じて加工条件を調整するため、本試験ではそれぞれのアズキが十分に煮えるように煮熟時間を調整した(Table 37)。煮熟時間は、10°C貯蔵の「エリモショウズ」で最も短く、30°C貯蔵の「Bloodwood」で最も長かった。同じ貯蔵温度での比較では、「エリモショウズ」に比べ「Bloodwood」の方が煮熟時間を要した。10°C貯蔵のアズキに比べ、30°C貯蔵のアズキでは、両品種とも1時間以上長い煮熟時間を要した。なお、10°C貯蔵のアズキの煮熟終了時点では30°C貯蔵のアズキは十分に煮えておらず、アンとしての加工は困難な状態であった。

このように、できる限り製品としては差がないように調理されたつぶアンを用いて、これらの識別試験を行った結果をTable 52に示した。日本人をパネルとして品種比較を行った場合には、いずれの貯蔵温度のものも有意($P < 0.05$)に識別されたが、オーストラリア人をパネルとした場合には品種による差異は識別できなかった。一方、貯蔵温度による差異は、「エリモショウズ」で比較した場合には識別されなかったが、「Bloodwood」の10°C貯蔵と30°C貯蔵の差異は日本人パネル($P < 0.01$)にもオーストラリア人パネル($P < 0.05$)にも有意に識

別された。このように、「エリモショウズ」では貯蔵温度による差異が明確ではなかったのに対し、「Bloodwood」では10°C貯蔵と30°C貯蔵の間に明らかな差が認められた。なお、日本人とオーストラリア人の比較においては、日本人の方がアンの識別率が高い傾向にあったが、これはパネルの食文化的背景の違いが影響しているものと考えられた。すなわち、アン製品を過去に食べた経験が、日本人の場合には全てのパネルリストが10回以上あったのに対し、オーストラリア人の場合には5回以下であった。

次に、識別ができたパネルリストを対象として、つぶアンの特性に関して比較した結果を集計した。色調、香り、かたさ、渋みおよび嗜好性に関して、品種間で比較した結果をFig. 74に、原料アズキの貯蔵温度に関して比較した結果をFig. 75に示した。

色調については、いずれの貯蔵温度でも、日本人およびオーストラリア人パネルとも50%以上が、「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」を「暗い」と評価した(Fig. 74)。また、両品種とも10°C貯蔵に比べ30°C貯蔵のアズキを原料とするアンは「暗い」と評価された(Fig. 75)。これは、高温貯蔵により L^* 値が低下し b^* 値が上昇したアンや、 b^* 値が高く茶色がかかった「Bloodwood」のアンは暗い色調と評価されたものと考えられる。本つぶアンを加工した日本人も、「エリモショウズ」のアンは紫がかかった色をしており、「Bloodwood」のアンは赤茶色をしていると評価している。このように、原料アズキの性状に応じて煮熟時間を変えたにもかかわらず、品種や貯蔵温度の違いはアンの色調に影響を及ぼしていた。平ら(1989)は、アンの色調の官能評価に品種間差異がみられることを報告している。なお、色調は、アンを識別する上での重要な要因の一つであると考えられた。

かたさについては、10°C貯蔵では、両パネルとも70%前後が「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」を「かたい」と評価した(Fig. 74)。また、「エリモショウズ」では、両パネルとも70%以上が10°C貯蔵よりも30°C貯

Table 52. Sensory distinction between the bean paste(Tsubu-ann) made from adzuki beans stored for six months.

Comparison pair	Japanese panel(n=20)		Australian panel(n=20)	
	Correct(%)	Probability	Correct(%)	Probability
Erimoshouzu 10°C : Bloodwood 10°C	60	*	40	NS
Erimoshouzu 30°C : Bloodwood 30°C	60	*	35	NS
Erimoshouzu 10°C : Erimoshouzu 30°C	45	NS	40	NS
Bloodwood 10°C : Bloodwood 30°C	80	**	55	*

Sensory difference tests were performed by modified triangle tests.

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, NS; not significant.

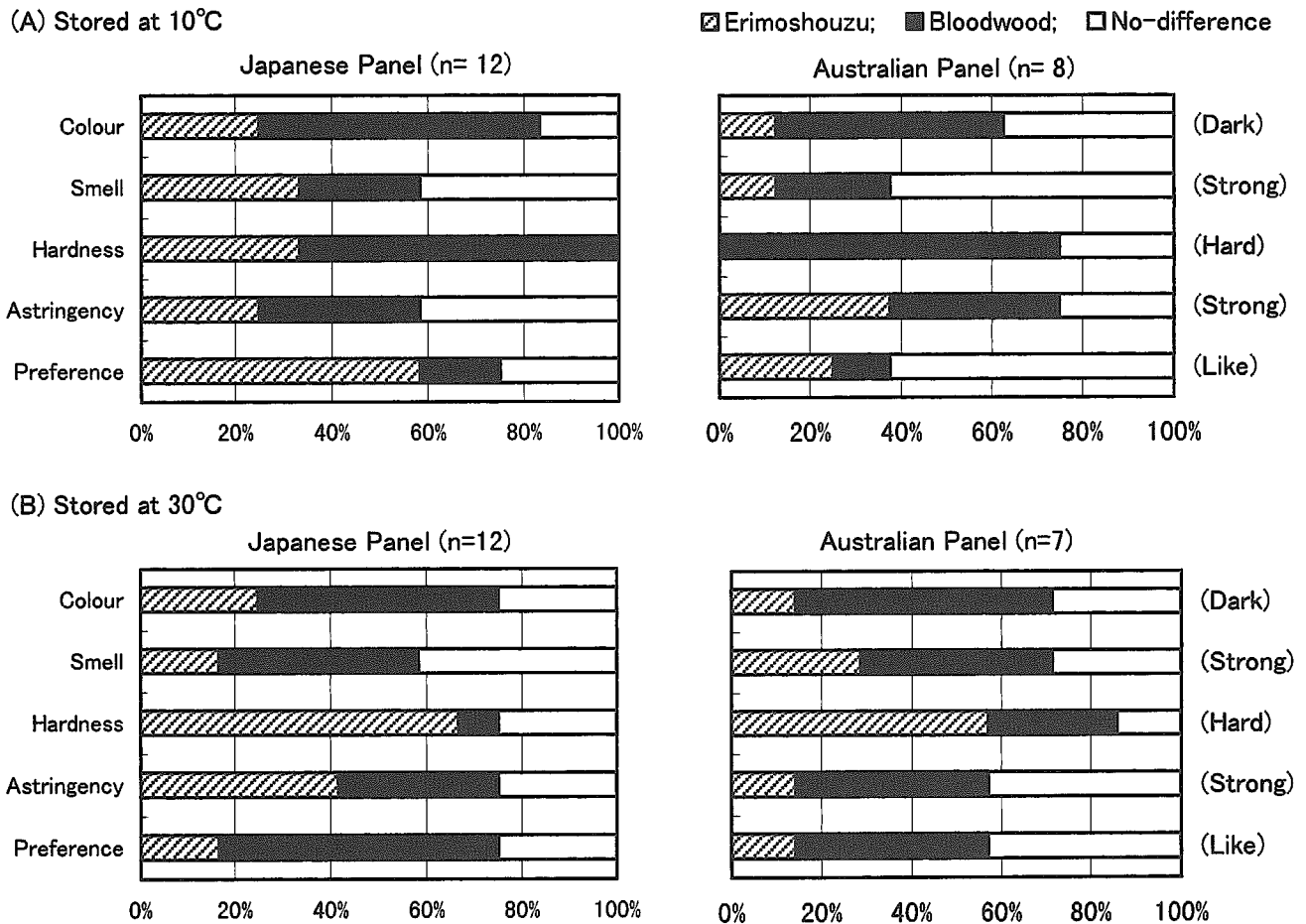


Fig.74. Sensory differences of characteristics between the bean paste (Tsubu-ann) made from different varieties stored at 10°C(A) and 30°C(B) for six months.

蔵を「かたい」と評価した (Fig. 75)。ダイズを原料とした煮豆の官能評価では、かたさが重要な形質であると述べられている (香西ら, 1989)。本試験でも、つぶアンの差異を識別する上では、色調とともにかたさが重要な要因として上げられるが、アン製品のかたさは煮熟時間の調整によりある程度コントロールできるものと考えられた。

香りについては、品種間では「差がない」と評価したものの割合が高く、明確な差は認められなかった (Fig. 74)。しかし、10°C貯蔵よりも 30°C貯蔵で香りが「強い」と、「エリモショウズ」では日本人パネルの 50%以上、「Bloodwood」では両パネルの 50%以上が評価した (Fig. 75)。

渋みについては、いずれの貯蔵温度でも明確な品種間差異は認められなかった (Fig. 74)。しかし、10°C貯蔵よりも 30°C貯蔵で渋みが「強い」と、「エリモショウズ」ではオーストラリア人パネルの 70%以上、「Bloodwood」では両パネルの 50%以上が評価した (Fig. 75)。

本試験の結果では香りや渋みに関しては、10°C貯蔵に

比べ 30°C貯蔵は強いと評価される傾向にあったが、はっきりとした品種間差異は認められなかった。しかし、本つぶアンを加工した日本人の評価では、「Bloodwood」に比べ「エリモショウズ」は香りが良く、渋みに関しても「Bloodwood」では後味に残ると述べており、これらの特性にも微妙な品種間差異のあることを示唆している。アズキの煮熟臭に関しては、品種間差異のあることが報告されている (時友ら, 1988)。また、渋みに関与する成分であるタンニンは、貯蔵により重合度が高くなり溶出しづらくなるため (Sievwright *et al.* 1986; Stanley 1992)、製アン業者はアズキの性状により渋切り (煮汁を捨てタンニンを除去する) 回数を変え調節している。

嗜好性については、10°C貯蔵では日本人パネルの約 60%が「エリモショウズ」を「好む」としたが、オーストラリア人では明確な差異は認められなかった (Fig. 74)。また、「エリモショウズ」ではオーストラリア人パネルの 70%以上が 10°C貯蔵を「好む」としたが、日本人では両品種とも貯蔵温度による明確な差は認められなかった (Fig. 75)。

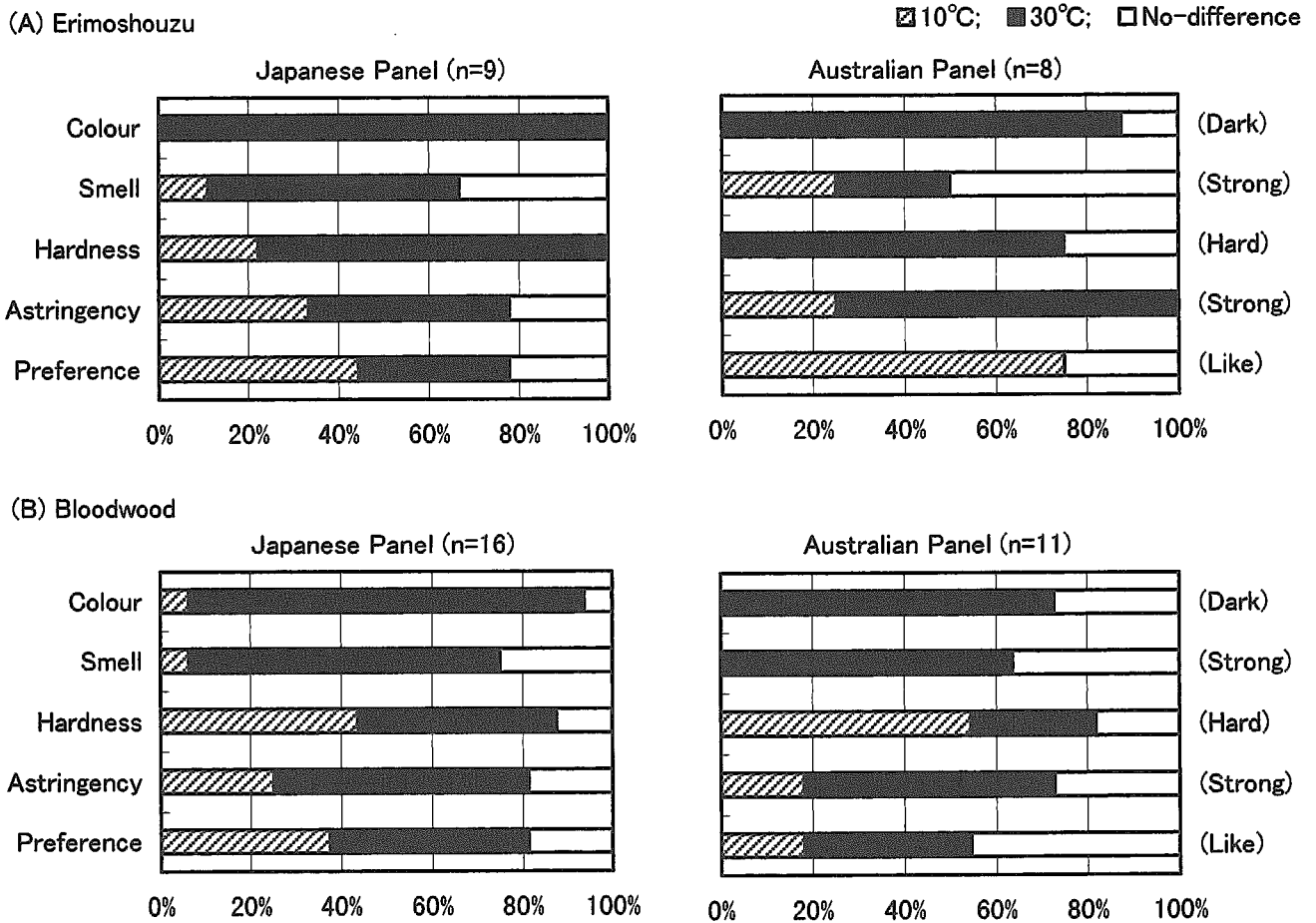


Fig.75. Sensory differences of characteristics between the bean paste (Tsubu-ann) made from Erimoshouzu (A) and Bloodwood (B) stored at different temperatures for six months.

つぶアンの品種間差異については、日本人パネルで識別率が高い傾向にあったが、色調やかたさといった特性に関しては、日本人とオーストラリア人パネルとも同様の評価を下した。Prescottら(1997, 1998)は、一般的な食品の甘さ、すっぱさ、塩辛さや苦さといった味覚に対する反応には、日本人とオーストラリア人で違いのないことが報告されている。しかし、好みに関しては両者で差が見られ、その製品にどの程度親しんでいるかによって異なると言われている(Laing et al., 1994)。

以上のように、オーストラリア産アズキの主要品種である「Bloodwood」の子実品質は「エリモショウズ」と類似していたが、両者の製アン特性には差異が認められ、貯蔵温度がつぶアンの食味に及ぼす影響については、「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」でより大きいことが判明した。

第3節 要約

(1)収穫後2年にわたる長期貯蔵において、アズキは、東京の常温倉庫では煮熟増加比およびアン収率が大きく

低下し、種皮色のL*値およびb*値の低下も大きかった。道内の常温倉庫では収穫後1年以上経過すると、これらの値に低下が認められた。5°C貯蔵では収穫後2年目まで大きな変化はみられなかったが、低温倉庫(15°C以下)ではわずかに低下した。また、真空包装により種皮色のL*値の低下が抑制された。

(2)手亡は、収穫後1年程度で常温倉庫では、煮熟増加比およびアン収率が低下し、種皮色のb*値が上昇する傾向にあった。低温倉庫では収穫後1年以上でこれらの変化が認められたが、5°C貯蔵では収穫後2年目までは大きな変化がみられなかった。また、真空および密封包装により、煮熟増加比とアン収率の低下が抑制された。

(3)金時では、収穫後半年以内でも常温倉庫では、煮熟増加比が低下し、子葉部および種皮部の煮熟粒硬度が上昇し、種皮色のL*値が低下する傾向にあった。低温倉庫では収穫後1年以上でこれらの変化が大きくなったが、5°C貯蔵では収穫後2年目までは大きな変化がみられなかった。また、真空包装により種皮色のL*値の低下が抑制された。

(4)アズキ、手亡、金時のいずれについても、長期貯蔵により煮熟性の劣化したものは、浸漬液固形分および電気伝導率の上昇がみられ、これらの項目は、アズキおよび手亡のアン収率とは高い負の相関が、金時の煮熟粒硬度とは高い正の相関が認められた。

(5)オーストラリアで収穫されたアズキ2品種の品質特性に関しては、種皮色のL*値とb*値は「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」でやや高かったが、生アンのb*値は「エリモショウズ」よりもむしろ「Bloodwood」で高かった。煮熟増加比は「エリモショウズ」に比べ「Bloodwood」で低かった。平均アン粒径は「エリモショ

ウズ」よりも「Bloodwood」で大きかった。

(6)日本人およびオーストラリア人パネルにより、つぶアンの官能試験を行った結果、品種による差異は日本人パネルにのみ識別された。貯蔵温度(10°Cと30°C)による差異は両パネル共に、「Bloodwood」にのみ有意差が認められた。「Bloodwood」のつぶアンの色は、「エリモショウズ」に比べ暗いと評価された。つぶアンの色、香り、硬さ、渋味に関しては、両パネルの間に差はみられなかったが、嗜好性には両者間で差が認められた。貯蔵温度がアズキの食味に及ぼす影響については、「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」でより大きいことが判明した。

第7章 総括

北海道産のアズキは品質が優れているといわれており、高級なアンや和菓子の原料に用いられている。その生産量は全国の80%以上を占めるが、1993年の冷害による供給量の激減と、それに伴う価格の急騰により、中国産をはじめとする輸入品が増加した。一方、インゲンマメでは金時類、手亡類や大福類などが栽培されており、主用途は煮豆やアンである。生産量は全国の90%以上を占めるが、冷害や収穫期の長雨の影響により著しい年次変動がみられる。このような状況下で、価格の安い輸入品に対抗するには、今までにも増して高品質なマメ類の安定供給が望まれている。

従来より、粒大や種皮色といった外観形質は、マメ類の品質を判断する上での指標として、多くの実需者に重視されてきた。しかし、これらの外観形質や整粒歩合により規定される検査等級以外には、品質を判断する具体的指標はなく、どのような特性が重要であるかを明らかにする必要がある。また、アズキおよびインゲンマメの品質関連形質と加工特性の関係についての研究は極めて少なく、栽培環境を含めた変動要因に関しては、これまでに明らかにされていない。そこで本研究では、これらの品質関連形質が加工特性とどのように関わっているかを中心に検討を行った。以下に、本研究の概略と得られた成果の概要を示した。

1. アズキの製アン特性と品質関連形質の関係

アズキの種皮色や百粒重、煮熟増加比（煮熟前後での重量比）といった品質関連形質が、製アン特性とどのように関わっているかについて解明した（第3章）。

和菓子などのアズキ加工品の色は、原料アズキの種皮色と関係のあることが知られている。アンの嗜好性に関わるアンの色については、従来から関西では淡色が好まれ、関東以北では濃色が好まれる傾向にあったが、最近では全国的に淡色嗜好になりつつあると言われている。また、加糖アンの品質には、アン粒子の大きさや加糖量が影響しているとも言われているが、これらアズキの品質に関わる知見は少なく、未だに不明な点が多い。そこで、アズキの子実品質が、製アン特性にどのような影響を及ぼしているかについて検討した。

その結果、百粒重、タンパク含有率、煮熟増加比、種皮色などの形質には、品種間または産地間で差がみられたが、年次によりその順位が異なる場合もあった。供試

したアズキ5品種の中では、「エリモショウズ」の種皮色のL*値（明度）とb*値（黄味度）が高かった。十勝産の「エリモショウズ」は、百粒重が大きく、タンパク含有率および種皮色のL*値とb*値が高く、かつ種皮色の変動幅が小さかった。

生アンの色は種皮色に比べ、L*値は著しく上昇し、a*値（赤味度）およびb*値は低下した。加糖した場合には、L*値は著しく低下し、a*値はわずかに高まった。種皮、生アン、加糖アンのL*値およびa*値には、それぞれお互いに有意な正の相関関係が認められ、種皮のL*値およびa*値は加糖アンの色にまで影響していた。このように、アズキの種皮色はアン色に影響を及ぼすことが明らかとなり、種皮のL*値およびa*値はアン色を考慮する上での指標となり得るものと判断された。

アン粒子の平均粒径には品種、年次および産地間で差異が認められ、これらの中では品種の影響が大きかった。平均アン粒径は、「エリモショウズ」では約100 μm と小さく、「アカネダイナゴン」では約111 μm と大きかった。百粒重と平均アン粒径の間には有意な正の相関関係が認められ、百粒重の大きなアズキでは、大きな粒径のアン粒子の割合が多く、百粒重はアンの粒径組成に影響を及ぼしていた。このように、従来から品質を判断する上での指標として利用されていた百粒重は、アン粒子の平均粒径とその粒子組成に関与していることが判明した。官能試験の結果から、粒径組成のピークが150~100 μm の範囲にある一般的なアンでは、粒径の小さなアンは舌ざわりがなめらかで好まれ、粒径の大きなアンは舌ざわりがざらつき好まれなことが確認された。このように、アン粒子の大きさは食感に大きな影響を及ぼしており、アンの嗜好性と密接に関連していることが判明した。

煮熟増加比とアン収率の間には高い正の相関関係が認められ、煮熟増加比の大きなアズキでは、アン収率が高かった。煮熟時間の延長に伴い煮熟増加比は大きくなったが、90分以降では変化が小さくなり、アン収率の増加は認められなかった。煮熟増加比はアズキの煮熟特性を判断する上で最も重要な形質の一つであると考えられ、本特性値を説明変数とした回帰式は、アン収率を推定する上での有効な手段となり得ることが判明した。

2. アズキ種皮色の変動要因と2次元座標表示

アズキの着莢部位および開花時期が種皮色に及ぼす影

響を明らかにすると共に、明度と彩度を座標軸に用いた2次元色調空間によるアズキ種皮色の表示方法を考案し、その変動要因を解明した(第3章)。

アズキの種皮色は、品種、気象条件、栽培地域、播種および収穫時期等によっても異なることが知られているが、着莢部位または開花時期によって種皮色がどのように変動するかについては明らかにされていない。また、種皮色の表示に用いているL* a* b*表色系(CIELAB)は、色を数値化して絶対評価する上では有効であるが、3つの変数による表示からは、実際の色調としてのイメージを描きづらく、数値の差がどれほどの色調の差異となるのかを把握することが困難であった。そこで、アズキ種皮色の変動要因および2次元色調空間による種皮色の表示方法について検討した。

その結果、アズキ1個体内における種皮色の変異については、L*値およびb*値は上位の節位ほど高かったが、a*値は節位による変化が小さかった。また、L*値とはb*値では開花時期が遅くなるほど高くなる傾向が認められたが、a*値ではこのような傾向は認められず、開花2~3週間後の時期に最大値を示した。着莢節位間でみられた種皮色の変異は、それぞれの節位における開花時期の違いを反映したものと判断された。

従来より用いているL* a* b*表色系による測定値を、L*値およびC*値を座標軸に用いた2次元の色調図で示すことにより、3つの変数による表示からは捕らえづらかったアズキ種皮色の差異を、簡略に表現することが可能であった。品種による特徴は主としてC*値の座標軸方向に認められ、収穫年次または栽培地による変動はL*値の座標軸方向に大きく認められた。

アズキ種皮色と気象要因の関係について検討した結果、L*値と登熟期間の平均気温との間に、有意な負の相関関係が認められた。従って、L*値で認められた収穫年次および栽培地による変動は、アズキ登熟期間中の気象条件により生ずるものと推察され、この間の気温が低い場合にはL*値が高くなり、気温が高い場合にはL*値が低くなることが判明した。

3. インゲンマメの製アン特性に及ぼす子実形質の影響

インゲンマメの製アン特性に及ぼす子実形質の影響および、白アンの舌ざわりとアン粒径の関係について明らかにした(第4章)。

インゲンマメの種類は非常に多く、流通上では銘柄として区分されているが、それらは主として外観上の違いに基づき分類されているものである。しかし、手亡類、大福類、金時類といった異なる種類のものであっても、

種としては同じインゲンマメに属する。このように種類により、種皮色、粒大とも変異の大きいインゲンマメでは、その用途も多岐にわたるが、煮豆や甘納豆のような原粒の形を残した加工形態と、アンやきんとんのようなつぶされた状態で用いる加工形態に大別できる。そこで、インゲンマメをつぶして用いる場合の製アン特性に及ぼす子実形質の影響について検討した。

その結果、アズキと異なりインゲンマメでは、種皮色から生アンの色を判断することは困難であった。子葉部のタンパク含有率とデンプンおよび粗脂肪含有率の間には、高い負の相関関係が認められ、タンパク含有率の高いインゲンマメではデンプンおよび粗脂肪含有率が低い傾向にあった。また、デンプン含有率と浸漬液固形分およびアミログラム最高粘度の間には、有意な正の相関関係が認められ、デンプン含有率の高いインゲンマメでは浸漬液固形分およびアミログラム最高粘度が高い傾向にあった。

手亡類では煮熟時間40分で十分に煮熟が進んでおり、煮熟増加比がほぼ一定に達していたが、大福類では煮熟時間80分でも煮熟増加比は上昇傾向にあった。赤系種皮色の金時類では煮熟時間60分程度まで煮熟増加比の上昇は認められたが、40分の時点で煮熟は十分に進んでいた。また、アズキと同様にインゲンマメでも、煮熟増加比とアン収率の間には高い正の相関関係が認められ、手亡類、大福類、金時類といった同じ種類の中では、一定時間における煮熟増加比は煮えやすさを現す指標となり得るものと判断された。

インゲンマメの平均アン粒径は、大福類で小さく、金時類および手亡類で大きかった。百粒重と平均アン粒径の間には、手亡類、大福類、金時類それぞれの種類の中では有意な正の相関関係が認められ、アズキと同様に百粒重がアン粒径に影響を及ぼしていることが確認された。官能試験の結果では、平均アン粒径が7 μ m異なる手亡アンの間には、嗜好性の評価に大きな差は認められなかった。また、平均粒径が4~5 μ m異なる手亡アンの舌ざわりの差異を識別することは困難であり、平均粒径が9 μ m異なるアンの舌ざわりの平均評価値に差は認められなかった。このように、インゲンマメの百粒重はアン粒子の大きさに影響を及ぼしていることが判明したが、白アンの舌ざわりに関しては、アン粒径以外の要因の関与も推定された。

4. インゲンマメの煮豆加工特性に関わる変動要因

インゲンマメ(金時類)の、煮豆加工特性に大きな影響を及ぼすかたさの評価方法を策定し、その変動要因を

明らかにすると共に、加工過程における種皮色の変化を明らかにした(第5章)。

煮豆のかたさについては、一般に柔らかいものが好まれる傾向にあるが、加工上は煮崩れを起こさないことが重要である。煮豆の加工に際しては、原料豆の浸漬、煮熟、調味といった工程が取られるが、用いる原料豆の性状により煮え方が大きく異なるため、適切な煮熟条件を設定する必要がある。そこで、金時類を対象として、煮熟硬度の測定方法について検討し、その変動要因について解析した。また、煮豆加工過程における種皮色の変化についても検討した。

その結果、煮豆加工過程において、種皮色のL*値は吸水により高くなり、煮熟および調味により徐々に低下した。a*値は吸水、煮熟、調味の過程で低下を続けたが、調味による変化は小さかった。b*値は吸水後は高くなり、煮熟により低くなったが、調味後はわずかながら高くなった。なお、種皮色と煮熟粒色との間には一定の関係は認められず、種皮色から煮熟粒の色を推定することは困難であった。色流れ粒を用いて煮豆を調製した場合、調味後の煮豆色の平均値には正常粒と大きな差は認められなかったが、種皮色の色むらが煮豆色のばらつきとして現れることが判明した。

煮熟硬度を評価するための測定条件を設定し、単軸圧縮・引張型レオメータ(テンシプレッサー)を用い、煮熟時間20分における、直径11.25mmのプランジャーによる圧縮抵抗および直径2.50mmのプランジャーによる貫入抵抗の最大荷重を、それぞれ子葉部硬度および種皮部硬度とした。煮豆の嗜好性を評価する上では、かたさの影響が大きかった。煮豆のかたさの官能評価値には、機器測定値との間に関連性が認められたが、異なる品種間での比較では、同一品種間の比較よりも識別率が劣った。煮熟増加比と煮熟硬度の間には高い負の相関関係が認められ、煮熟増加比の大きなインゲンマメでは、子葉部および種皮部の煮熟硬度が低く、これらは煮熟増加比を説明変数とした回帰式により推定が可能であった。

煮熟硬度の品種による特徴としては、主要品種である「大正金時」に比べ「福勝」の子葉部硬度は低く、「北海金時」および「丹頂金時」では高い傾向にあった。「福勝」の種皮部硬度はいずれの年次でも他品種よりも低かった。煮熟硬度には収穫年次および栽培地により変動が認められたが、施肥および土壌条件による差は認められなかった。百粒重が小さく種皮率が高い年次では種皮部硬度が高く、タンパク含有率が低くデンプン含有率が高い年次では子葉部および種皮部硬度が低い傾向にあった。煮熟硬度の年次間の変動要因としては、降水量や日照時

間といった気象要因の関与が示唆された。

5. アズキおよびインゲンマメの貯蔵過程における加工特性の変動

アズキおよびインゲンマメの長期貯蔵過程における加工特性の変動について明らかにすると共に、異なる温度で貯蔵したオーストラリア産アズキ2品種の加工特性の差異を明らかにした(第6章)。

マメ類の生産量は、生育期間および収穫時期の気象条件の影響により著しく変動する。一般に、豊作年では品質の良好なマメ類が収穫されるため、高品質なマメ類を安定的に供給可能な貯蔵技術の確立が望まれている。また、近年、オーストラリアから日本へは、外観品質の良好なアズキが輸入されているが、その加工特性に関する情報は無い。そこで、収穫後2年間にわたる長期貯蔵過程において、温度条件や包装形態がアズキおよびインゲンマメの加工特性に及ぼす影響について検討すると共に、オーストラリアで収穫され、異なる温度で貯蔵したアズキ2品種の子実品質および食味の差異についても検討した。

長期貯蔵による加工適性の変化について検討した結果、アズキでは、東京の常温倉庫では煮熟増加比およびアン収率が大きく低下し、種皮色のL*値およびb*値の低下も大きかった。道内の常温倉庫では収穫後1年以上経過すると、これらの値に低下が認められた。5°C貯蔵では収穫後2年目まで、これらの値に大きな変化はみられなかったが、低温倉庫(15°C以下)ではわずかに低下した。手亡では、収穫後1年程度でも常温倉庫では、煮熟増加比およびアン収率が低下し、種皮色のb*値が上昇する傾向にあった。低温倉庫では収穫後1年以上でこれらの変化が認められたが、5°C貯蔵では収穫後2年目までは大きな変化がみられなかった。金時では、収穫後半年以内でも常温倉庫では、煮熟増加比が低下し、子葉部および種皮部の煮熟粒硬度が上昇し、種皮色のL*値が低下する傾向にあった。低温倉庫では収穫後1年以上でこれらの変化が大きくなったが、5°C貯蔵では収穫後2年目までは大きな変化がみられなかった。

包装形態の違いによる煮熟特性への影響については、アズキおよび金時では、真空包装により種皮色のL*値の低下が抑制され、手亡では真空および密封包装により、煮熟増加比およびアン収率の低下がやや抑制された。

また、アズキ、手亡、金時のいずれについても、長期貯蔵により煮熟性の劣化したものでは、浸漬液固形分および電気伝導率(EC)の上昇がみられ、これらの項目は、アズキおよび手亡のアン収率とは高い負の相関が、金時

の煮熟粒硬度とは高い正の相関が認められた。

オーストラリアで収穫されたアズキ2品種の品質特性に関しては、種皮色のL*値とb*値は「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」でやや高かったが、生アンのb*値は「エリモショウズ」よりもむしろ「Bloodwood」で高かった。煮熟増加比は「エリモショウズ」に比べ「Bloodwood」で低かった。平均アン粒径は「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」で大きかった。

これらのアズキを原料とするつぶアンを用いて、日本人およびオーストラリア人パネルによる官能試験を行った。その結果、品種による差異については、日本人パネルにのみ有意に識別された。貯蔵温度(10°Cおよび30°C)による差異については、日本人およびオーストラリア人パネル共に、「Bloodwood」より作られたつぶアンにのみ有意差が認められた。つぶアンの色に関しては、「エリモショウズ」に比べ「Bloodwood」は暗いと評価された。

つぶアンの色、香り、硬さおよび渋味に関しては、日本人とオーストラリア人パネルの間に差はなかったが、嗜好性に関しては両者間で差が認められた。このように、「エリモショウズ」と「Bloodwood」の外観品質は類似していたが、両者の加工特性は異なっていることが判明した。また、貯蔵温度がアズキの食味に及ぼす影響については、「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」でより大きいことが判明した。

以上のように、アズキおよびインゲンマメの品質関連形質と加工特性の関係を明らかにし、栽培環境や貯蔵条件を含めたこれらの変動要因に関する研究は、筆者がこれまでに行った研究を除いてほとんどない。本研究で得られた成果は、今後のアズキおよびインゲンマメの加工特性の向上に寄与するものと考えられる。

要 約

本研究は、北海道における主要畑作物であるアズキおよびインゲンマメの品質関連形質と加工特性の関係について検討を行い、栽培環境や貯蔵条件を含めたこれらの変動要因に関して論じたものである。

1. アズキの製アン特性と品質関連形質の関係

(1)アズキ主要品種「エリモショウズ」の特徴としては、種皮色のL*値(明度)とb*値(黄味度)が高く、明るく鮮やかな色調であった。十勝産の特徴としては、百粒重が大きく、タンパク含有率および種皮色のL*値とb*値が高く、種皮色の変動幅が小さかった。

(2)生アンの色は種皮色に比べ、L*値は著しく上昇し、a*値(赤味度)とb*値は低下した。加糖すると、L*値は著しく低下し、a*値はわずかに上昇した。種皮、生アン、加糖アンのL*値とa*値には、それぞれお互いに有意な正の相関関係が認められた。

(3)平均アン粒径には、品種、年次および産地間で差が認められ、品種の違いによる変動が大きかった。平均アン粒径は「エリモショウズ」では約100 μm と小さかったが、「アカネダイナゴン」では約111 μm と大きかった。百粒重と平均アン粒径の間には有意な正の相関関係が認められた。

(4)官能試験の結果から、粒径の小さなアンは舌ざわりがなめらかで好まれ、粒径の大きなアンは舌ざわりがざらつき好まれないことが確認された。

(5)煮熟増加比とアン収率の間には高い正の相関関係が認められ、アン収率は煮熟増加比を説明変数とした回帰式により推定可能であった。

2. アズキ種皮色の変動要因と2次元座標表示

(1)アズキ1個体内における種皮色の変異は、L*値とb*値では上位の節位ほど高かったが、a*値では節位による変化が小さかった。L*値とb*値は開花時期が遅くなるほど上昇した。着莢節位間でみられた種皮色の変異は、各節位における開花時期の違いを反映したものと考えられた。

(2)従来より用いられているL* a* b*表色系による測定値を、L*値およびC*値(彩度)を座標軸に用いた2次元の色調図で示すことにより、アズキ種皮色の差異をより簡略に表現することが可能であった。品種による特徴は主としてC*値の座標軸方向に認められ、収穫年次

または栽培地による変動はL*値の座標軸方向に大きく認められた。

(3)アズキ種皮色と気象要因の関係については、L*値と登熟期間の平均気温との間に、有意な負の相関関係が認められた。L*値で認められた収穫年次および栽培地による変動は、登熟期間の気象条件により生ずるものと推察され、この間の気温が低い場合にはL*値が高くなり、高い場合にはL*値が低くなることが判明した。

3. インゲンマメの製アン特性に及ぼす子実形質の影響

(1)アズキと異なりインゲンマメでは、種皮色から生アンの色を判断することは困難であった。タンパク含有率が低く、デンプン含有率の高いインゲンマメでは、アミログラム最高粘度が高い傾向にあった。

(2)手亡類では煮熟時間40分で煮熟増加比がほぼ一定に達していたが、大福類では80分でも煮熟増加比は上昇傾向にあった。金時類では煮熟時間60分程度まで煮熟増加比の上昇が認められたが、40分で煮熟は十分に進んでいた。煮熟増加比とアン収率の間には高い正の相関関係が認められ、手亡類、大福類、金時類といった同じ種類の中では、一定時間における煮熟増加比は煮えやすさを現す指標となり得た。

(3)インゲンマメの平均アン粒径は、大福類で小さく、金時類および手亡類で大きかった。百粒重と平均アン粒径の間には、手亡類、大福類、金時類それぞれの種類の中では有意な正の相関関係が認められた。

(4)官能試験の結果では、平均アン粒径が7 μm 異なる手亡アンの嗜好性に差はみられず、平均粒径が9 μm 異なるアンの舌ざわりの平均評価値にも有意差は認められなかった。

4. インゲンマメの煮豆加工特性に関わる変動要因

(1)煮豆加工過程において、種皮色と煮熟粒色との間に有意な相関は認められず、種皮色から煮豆の色を推定することは困難であった。色流れ粒を用いて煮豆を調製した場合、煮豆の色の平均値には正常粒と大きな差はみられなかったが、ばらつきが大きかった。

(2)煮熟増加比とレオメータによる煮熟硬度の間には高い負の相関関係が認められ、煮熟増加比の大きなインゲンマメでは、子葉部および種皮部の煮熟硬度が低く、これらは煮熟増加比を説明変数とした回帰式により推定が

可能であった。

(3)煮豆のかたさの官能評価値には、機器測定値との間に関連性が認められたが、異なる品種間での比較では、同一品種間の比較よりも識別率が劣った。

(4)子葉部硬度は、主要品種の「大正金時」に比べ「福勝」で低く、「北海金時」と「丹頂金時」では高い傾向にあった。種皮部硬度は、いずれの年次でも「福勝」が他品種よりも低かった。煮熟硬度には収穫年次や栽培地により変動がみられたが、施肥および土壌条件による差は認められなかった。百粒重が小さく種皮率が高い年次では種皮部硬度が高く、タンパク含有率が低くデンプン含有率が高い年次では子葉部および種皮部硬度が低い傾向にあった。煮熟硬度の年次間の変動要因としては、降水量や日照時間などの気象要因の関与が示唆された。

5. アズキおよびインゲンマメの貯蔵過程における加工特性の変動

(1)収穫後2年にわたる長期貯蔵において、アズキは、東京の常温倉庫では煮熟増加比とアン収率が大きく低下し、種皮色のL*値とb*値の低下も大きかった。道内の常温倉庫でも収穫後1年以上経過すると、これらの値に低下が認められた。5°C貯蔵では収穫後2年目まで大きな変化はみられなかったが、低温倉庫(15°C以下)ではわずかに低下した。真空包装により種皮色のL*値の低下が抑制された。

(2)手亡は、常温倉庫では収穫後1年程度で煮熟増加比とアン収率に低下がみられ、種皮色のb*値が上昇し、低温倉庫では収穫後1年以上でこれらの変化がみられた

が、5°C貯蔵では収穫後2年目までは大きな変化が認められなかった。真空および密封包装により、煮熟増加比とアン収率の低下がやや抑制された。

(3)金時は、常温倉庫では収穫後半年以内でも煮熟増加比が低下し、子葉部および種皮部の煮熟硬度が上昇し、種皮色のL*値が低下する傾向にあった。低温倉庫では収穫後1年以上でこれらの変化が大きくなったが、5°C貯蔵では収穫後2年目までは大きな変化がみられなかった。真空包装により種皮色のL*値の低下が抑制された。

(4)アズキ、手亡、金時のいずれについても、煮熟性の劣化したものでは浸漬液固形分や電気伝導率の上昇がみられ、これらはアズキおよび手亡のアン収率とは高い負の相関が、金時の煮熟粒硬度とは高い正の相関が認められた。

(5)オーストラリアで収穫されたアズキ2品種の品質特性に関しては、種皮色のL*値とb*値は「エリモショウズ」に比べ「Bloodwood」でやや高く、生アンのb*値は「Bloodwood」で高かった。煮熟増加比は「Bloodwood」で低く、平均アン粒径は「Bloodwood」で大きかった。

(6)日本人およびオーストラリア人パネルにより、つぶアンの官能試験を行った結果、品種の違いは日本人パネルにのみ識別された。貯蔵温度(10°Cと30°C)による差異は両パネル共に、「Bloodwood」で有意差が認められた。両パネルの嗜好性は異なったが、「Bloodwood」のつぶアンの色は「エリモショウズ」に比べ暗いと評価された。貯蔵温度がアズキの食味に及ぼす影響については、「エリモショウズ」よりも「Bloodwood」でより大きいことが判明した。

謝 辞

本研究をとりまとめるにあたり、岩手大学大学院連合農学研究科生物資源工学連合講座 石橋憲一教授には懇切なるご指導および本稿のご校閲を賜った。元帯広畜産大学生物資源科学科 佐藤哲也教授には本研究のとりまとめの機会を与えていただき、有益なご助言をいただいた。また、岩手大学大学院連合農学研究科生物資源工学連合講座 西山喜雄教授、戸次英二教授、植物生産学連合講座 沢田壮兵教授、生物資源化学連合講座 小嶋道之助教授には本稿のご校閲を賜った。ここに深甚なる謝意を表します。

本研究は、元北海道立中央農業試験場農芸化学部長（現中央農試場長）相馬暁博士のご指導とご援助により開始したものであり、元同部農産化学科長（現北海道立上川農業試験場研究部長）市川信雄氏および中央農試農産化学部品質評価科長 目黒孝司氏には貴重なご助言と絶大なご援助をいただいた。また、元中央農試農産化学部長 古山芳廣博士、同 木村清氏、中央農試農産化学部長 能代昌雄氏、元中央農試環境化学部長（現帯広畜産大学教授）菊池晃二博士、中央農試環境化学部長 沢口正利博士、中央農試農業土木部長 前田要博士、元中央農試企画情報室長（現北海道立上川農業試験場長）土屋武彦博士、元中央農試畑作部長（前北海道立植物遺伝資源センター場長）佐々木宏氏、元中央農試環境化学部（現北海道立花・野菜技術センター研究部）主任研究員 鎌田賢一博士、および豪州クイーンズランド大学ガトン校食品科学工学科長 Hilton Deeth 博士にはご指導とご助

言をいただいた。

本研究の遂行にあたり、元中央農試農産化学部（現中央農試環境化学部）主任研究員 谷口健雄氏、中央農試農産化学部主任研究員 熊谷秀行氏、北海道立十勝農業試験場研究部豆類第二科長 村田吉平氏、前任者である元中央農試農芸化学部農産化学科研究職員（現上川支庁農業振興部農務課主任）徳光理恵氏、元中央農試農産化学部品質評価科（現北海道立北見農業試験場研究部土壌肥料科）研究職員 古館明洋氏、中央農試農産化学部品質評価科研究職員 小宮山誠一氏、元クイーンズランド大学応用数学科（現電気通信大学助教授）鈴木雅久博士、およびクイーンズランド大学ガトン校食品科学工学科 Nola Caffin 氏にはご助言とご助力をいただいた。

さらに、日本豆類基金協会には研究の遂行にあたり貴重なご助言と絶大なご援助を賜った。また、本研究を行うにあたり、北海道豆類価格安定基金協会、元北海道農政部総括専門技術員 佐藤久泰氏、北海道立十勝農業試験場研究部豆類第二科、同北見農業試験場研究部作物科、同上川農業試験場研究部畑作科、同植物遺伝資源センター研究部資源利用科、同中央農業試験場畑作部畑作第一科、ホクレン農業協同組合連合会、十勝農業協同組合連合会、およびクイーンズランド大学ガトン校食品科学工科大学院生 Adel Yousif 氏には試料の提供をいただいた。

以上の各位に、心から謝意を表します。

引用文献

- 安部章蔵(1986). 餡練り時間が練り餡のテクスチャーに与える影響. 日食工誌. 33, 693-700.
- Aguilera, J. M. and Rivera, R.(1992). Hard-to-cook defect in black beans: Hardening rates, water imbibition and multiple mechanism hypothesis. Food Res. Int., 25, 101-108.
- Ariga, T. and Asao, Y. (1981). Isolation, identification and organoleptic astringency of dimeric proanthocyanidins occurring in azuki beans. Agric. Biol. Chem., 45, 2709-2712.
- Ariga, T., Koshiyama, I. and Fukushima, D.(1988). Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueous systems. Agric. Biol. Chem., 52, 2717-2722.
- Ariga, T. and Hamano, M.(1990). Radical scavenging action and its model in procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans to peroxy radicals. Agric. Biol. Chem., 54, 2499-2504.
- 浅間和夫, 北村 亨, 阿部晴記(1984a). 小豆の種皮色に及ぼす登熟期における気象条件の影響. 北農. 51 (5), 6-11.
- 浅間和夫, 後木利三, 阿部晴記 (1984b). 小豆種皮色の地域間並びに品種間差異について. 北農. 51 (6), 1-6.
- Baik, B. and Czuchajowska, Z.(1999). Paste particle and bean size as related to sweetened azuki paste quality. Cereal Chem. 76, 122-128.
- Desborough, P. J.(1980). Adzuki bean cv. Bloodwood. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science. 46, 264.
- Desborough, P. J. and Redden, R.(1998). Adzuki bean. The New Rural Industries, RIRDC, Canberra. 317-321.
- Desborough, P. J. and Redden, R.(1996). Adzuki beans-R & D for grain export and local processing. Proceedings of the First Australian New Crops Conference.
- Deshpande, S. S. and Cheryan, M.(1986). Microstructure and water uptake of *Phaseolus* and wibged beans. J. Food Sci., 51, 1218-1223.
- 土壤養分測定法委員会(1986). 土壤養分分析法. 養賢堂. 東京.
- 藤村知子, 釘宮正往(1995). 豆類の子葉細胞内デンプンが糊化する際の細胞内の水分の推定. 応用糖質科学. 42, 7-13.
- 藤田正平, 島田尚典, 白井滋久, 千葉一美(1990). 小豆の収穫時期と外観品質との関係. 育種・作物学会北海道談話会会報. 30, 47.
- 古川秀子(1994). おいしさを測る, 食品官能検査の実際. 幸書房. 東京.
- Gacula, M. C. and Singh, J.(1984). Statistical methods in food and consumer research. Academic Press, Inc. Orlando, USA. 360-366, 485.
- Gomez, R., Parado, J. E., Navarro, F. and Varon, R. (1998). Colour differences in paprika pepper varieties (*Capsicum annum* L) cultivated in a greenhouse and in the open air. J. Sci. Food Agric. 77, 268-272.
- 畑井朝子(1982). 小豆の調理特性に及ぼす貯蔵温度の影響. 家政誌. 33, 621-627.
- 畑井朝子(1987a). 小豆の調理特性について. New Food Industry. 29 (7), 57-69.
- 畑井朝子(1987b). 小豆の調理特性について(続). New Food Industry. 29 (8), 45-54.
- 畑井朝子, 奥瀬一郎, 嵯峨絃一, 長岡泰良 (1994a). 小豆生産地の土壌の種類が子実の無機成分組成に及ぼす影響. 調理科学会誌. 27, 171-175.
- 畑井朝子, 奥瀬一郎, 嵯峨絃一, 長岡泰良 (1994b). 小豆生産地の土壌の種類が子実の有機成分組成に及ぼす影響. 調理科学会誌. 27, 248-252.
- 畑井朝子 (1994c). 小豆の調理特性. 調理科学会誌. 27, 238-242.
- 畑井朝子, 奥瀬一郎, 嵯峨絃一, 長岡泰良 (1996a). 小豆子実フェノール成分のメタノールによる抽出条件の検討及び種皮部と子葉部の含量差異について. 調理科学会誌. 29, 109-114.
- 畑井朝子 (1996b). 小豆の煮熟性について. New Food Industry. 38 (7), 17-23.
- 平田 健, 釘宮正往(1985). アズキデンプンの糊化に及ぼすアズキタンパク質の影響. 日食工誌. 32, 35-42.
- 北海道 (1994). 道産豆類地帯別栽培指針. 27-33.
- 北海道 (1999a). 平成10年度北海道農業の動向. 119-122.

- 北海道 (1999b). 平成 10 年度北海道農業統計表. 4.
- International Commission on Illumination (1976). CIE Standard Colorimetric System. CIE Publication 15.2, Geneva, Swiss.
- International Commission on Illumination (1987). International Lighting Vocabulary. CIE Publication 17.4, Geneva, Swiss. 67-96.
- International Organization for Standardization (1991 a). CIE Standard Colorimetric Illuminations. ISO/CIE 10526, Geneva, Swiss.
- International Organization for Standardization (1991 b). CIE Standard Colorimetric Observations. ISO/CIE 10527, Geneva, Swiss.
- Jones, P. M. B. and Boulter, D.(1983). The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions, *J Food Sci.*, 48, 623-626.
- 香西由紀夫・平 春江・田中弘美・斎藤昌義・宗形豊喜 (1989). 煮豆用原料大豆の評価, *日食工誌*, 36, 132-141.
- 加藤 淳, 細谷恵理, 市川信雄(1992). 北海道産小豆の品質関連形質の変異および種皮色とアン色の関係, 北海道産小豆の製アン特性に及ぼす品質関連形質の影響 (第 1 報). *北海道立農試集報*, 64, 25-34.
- 加藤 淳, 徳光恵理, 市川信雄, 目黒孝司(1994). 小豆の百粒重とアン粒径の関係, 北海道産小豆の製アン特性に及ぼす品質関連形質の影響 (第 2 報). *北海道立農試集報*, 66, 15-23.
- 加藤 淳・目黒孝司 (1994). 小豆種皮色に及ぼす着莢部位および開花時期の影響, *北農*, 61, 357-363.
- 加藤 淳・目黒孝司 (1995). 北海道産菜豆類の百粒重とアン粒径の関係, *北海道立農試集報*, 69, 1-8.
- 加藤 淳, 目黒孝司, 市川信雄(1996). 小豆の煮熟増加比とアン収率の関係, 北海道産小豆の製アン特性に及ぼす品質関連形質の影響 (第 3 報). *北海道立農試集報*, 71, 27-34.
- 加藤 淳・目黒孝司 (1996). 金時類の煮豆テクスチャーに与える原粒品質の影響, *土肥要旨集*, 42, 290.
- 加藤 淳・目黒孝司 (1997). 実験的貯蔵条件における豆類の製アン特性の変化, *農化誌*, 71, 1237.
- 加藤 淳・目黒孝司 (1998). 明度および彩度を用いたアズキ種皮色の 2 次元座標表示, *土肥誌*, 69, 190-194.
- 加藤 淳・目黒孝司 (1998). インゲンマメ (金時類) の煮豆加工適性に関わる煮熟硬度の変動, *土肥誌*, 69, 379-385.
- Kato, J., Yousif, A. M., Deeth, H. C., Caffin, N. A. and Meguro, T.(1999). Changes in the Seed Coat Colour of Adzuki Beans During the Storage. Abstracts for the 10 th World Congress of Food Science and Food Technology. 93.
- 喜多出穂・藤原智子・花崎憲子・丸山悦子・梶田武俊 (1993) 小豆のアントシアニン色素の分析に関する研究, *調理科学*, 26, 202-207.
- 釘宮正往(1992). 小豆煮豆中のアン粒子の崩壊, 損傷に及ぼす煮豆調製条件の影響. *日食工誌*, 39, 167-172.
- 黒田正治朗・真砂佳美・大鹿淳子 (1993). 豆類の膨潤過程に及ぼす吸水の影響, *家政誌*, 44, 97-101.
- 小林理恵子, 道川恭子, 土部正幸, 渡辺篤二 (1992a). インゲン類を原料とする餡の性状の比較, インゲン類を原料とする餡の性状 (第 1 報). *日食工誌*, 39, 657-662.
- 小林理恵子, 道川恭子, 渡辺篤二 (1992b). インゲン類の餡粒子およびこれより分離したデンプン粒の光学および走査型電子顕微鏡による観察, インゲン類を原料とする餡の性状 (第 3 報). *日食工誌*, 39, 671-677.
- 小嶋道之, 鈴木信幸, 大西正男, 伊藤精亮(1997). アズキの発芽過程におけるトコフェロール量および抗酸化活性の変動. *日食工誌*, 44, 144-148.
- Laing, D. G., Prescott, J., Bell, G. A., Gillmore, R., Allen, S., Best, D. J., Yoshida, M., Yamazaki, K. and Ishii-Mathews, R.(1994). Responses to Japanese and Australians to sweetness in the context of different foods. *Journal of Sensory Studies*. 9(2), 131-155.
- Liu, K., Phillips, R. D., Hung, Y., Shewfelt, R. L. and McWatters, K. H.(1992). Hard-to-cook defect in cowpeas: Storage induced and treatment induced development. *J. Food Sci.*, 57, 1155-1160.
- Liu, K.(1995). Cellular, biological, and physico-chemical basis for the Hard-to-cook defect in legume seeds. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutri.*, 35, 263-298.
- Lumpkin, T. A. and McClary, D. C.(1994). Adzuki bean: botany, production and uses. CAB International, Wallingford, U.K.
- 道川恭子, 小林理恵子, 渡辺篤二(1992). 大白花を原料とする餡の特性一特に大手亡との比較, インゲン類を原料とする餡の性状 (第 2 報). *日食工誌*, 39, 663-670.
- Moscoso, W., Bourne, M. C. and Hood, L. F.(1984). Relationships between the hard-to-cook phenomenon in red kidney beans and water absorption,

- puncture force, pectin, phytic acid and minerals. *J. Food Sci.*, 49, 1577-1583.
- 村上知子 (1978). 小豆の加熱に関する研究 (第2報). 北教大紀要 (第II部C). 28, 31-39.
- 村上知子, 武井美智子, 中村一十三, 伊藤裕三 (1980). 小豆の加熱に関する研究 (第3報). 北教大紀要 (第II部A). 31, 55-60.
- 村田吉平, 成河智明, 千葉一美, 佐藤久泰, 足立大山, 松川 勲 (1985). あずき新品種「エリモショウズ」の育成について. 北海道立農試集報. 53, 103-113.
- 中村泰彦, 田島真理子 (1992). 大豆の二段階浸漬処理による軟化における鉄 (II) イオンの作用の特異性. 家政誌. 43, 1229-1233.
- 中村泰彦, 田島真理子 (1993). 塩化鉄 (II) 溶液と食塩溶液に二段階浸漬した豆の官能評価. 家政誌. 44, 151-153.
- 成河智明, 千葉一美 (1982). あずきの新品種「エリモショウズ」. 農業技術. 37, 31-33.
- 日本豆類基金協会 (1998). 雑豆に関する資料.
- 日本色彩学会 (1989). 新編色彩科学ハンドブック. 東京大学出版会, 東京. 141-143, 183-297, 1265, 1401.
- 野村信史, 浅沼興一郎 (1970). 生育時期別の低温処理が小豆品種の開花順序と開花速度に及ぼす影響. 北海道立農試集報. 20, 73-79.
- Prescott, J., Bell, G. A., Gillmore, R., Yoshida, M., O'Sullivan, M., Korac, S., Allen, S. and Yamazaki, K. (1997). Cross-cultural comparisons of Japanese and Australian responses to manipulations of sweetness in foods. *Food Quality and Preference*. 9, 45-55.
- Prescott, J., Bell, G. A., Gillmore, R., Yoshida, M., O'Sullivan, M., Korac, S., Allen, S. and Yamazaki, K. (1998). Cross-cultural comparisons of Japanese and Australian responses to manipulations of sourness, saltiness and bitterness in foods. *Food Quality and Preference*. 9, 53-66.
- Reyes-Moreno, C. and Paredes-Lopez, O. (1993). Hard-to-cook phenomenon in common beans-A review. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutri.*, 33, 227-286.
- Saio, K. and Monma, M. (1993). Microstructural Approach to Legume Seeds for Food Uses. *FOOD STRUCTURE*. 12, 333-341.
- Sasamura, S., Takeda, K. and Hayashi, K. (1966). Black red pigment of azuki bean. Studies on anthocyanins LV. *Bot. Mag. Tokyo*. 79, 807-810.
- 佐藤次郎 (1957). 豆科作物の種子に関する生理生態学的研究(1)吸水部位について. 日作紀. 25, 168-173.
- 佐藤久泰 (1974). 小豆品種の栽培環境に対する反応. 北海道立農試集報. 29, 61-71.
- 佐藤久泰 (1979). あずきの開花・登熟について. 北海道立農試集報. 41, 10-20.
- 佐藤導謙, 伊藤光彦, 宮野邦夫, 足立大山 (1993). アズキ品種「カムイダイナゴン」の種皮色に対する播種日及び収穫時期の影響. 育種・作物学会北海道談話会会報. 34, 30.
- 沢口正利 (1986). 北海道における小豆の栄養生理的特性と施肥法に関する研究. 北海道立農試報告. 54, 1-87.
- Senter, S. D., Young, L. L. and Searcy, G. K. (1997). Colour values of cooked top-round beef juices as affected by endpoint temperatures, frozen storage of cooked samples and storage of expressed juices. *J. Sci. Food Agric.* 75, 179-182.
- 塩田芳之, 宮田義昭 (1976). あんに関する研究 (第4報) あんの物性について. 家政誌. 27, 180-185.
- 島田尚典 (1993). アズキの粒大及び種皮色の量的変異に関する遺伝. 北海道立農試集報. 65, 11-19.
- Siewwright, C. A. and Shipe, W. F. (1986). Effect of storage conditions and chemical treatments on firmness, in vitro protein digestibility, condensed tannins, phytic acid and divalent cations of cooked black beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Food Sci.*, 51, 982-987.
- 相馬 暁, 細谷恵理, 中津智史, 市川信雄 (1989a). 北海道産豆類の品質向上に関する研究, 第1報 北海道産小豆の品質現況と問題点. 北農. 56 (9), 1-15.
- 相馬 暁, 細谷恵理, 中津智史, 市川信雄 (1989b). 北海道産豆類の品質向上に関する研究, 第2報 小豆の外観品質構成要素・種皮色について. 北農. 56 (10), 11-27.
- 相馬 暁, 細谷恵理 (1990). 北海道産小豆の品質 (第1報) アン粒子組成と食味. 土肥誌要旨集. 36, 85.
- Stanley, D. W. (1992). A possible role for condensed tannins in bean hardening. *Food Res. Int.*, 25, 187-192.
- 鈴木繁男 (1975). 餡ハンドブック. 光琳書院, 東京. 293-303.
- 平 春江 (1983). 国産大豆の品質 (第3報) 物理的性状・化学成分組成および加工適性の相互関係. 食総研報. 42, 27-39.
- 平 春枝, 田中弘美, 斉藤昌義, 原正紀, 市川信雄, 細

- 谷恵理 (1989). 北海道産小豆の品質と品種・生産地間差異. 日食工誌. 36,812-826.
- 田村咲江, 山本奈美 (1999). アズキ, インゲンマメ, ラッカセイおよびダイズから得た餡のテクスチャーと顕微鏡的構造. 家政誌. 50,323-332.
- Tjahjadi, C. and Breene, W. M.(1984). Isolation and characterization of Adzuki bean (*Vigna angularis* cv Takara) starch. J. Food Sci., 49, 558-562.
- Tjahjadi, C., Lin, S. and Breene, W. M.(1988). Isolation and characterization of Adzuki bean (*Vigna angularis* cv Takara) protein. J. Food Sci., 53, 1438-1443.
- 時友裕紀子, 小林彰夫 (1988). 国産アズキの煮熟臭に関する研究. 日農化誌. 62,17-22.
- 谷地田武男, 田巻欣二 (1961). 餡に関する研究 (第1報) 製餡原料の澱粉及餡粒子の性状について. 新潟県食品研究所報告. 6,21-29.
- 谷地田武男, 中島幸一, 坪谷真理子 (1972). 餡に関する研究 (第4報) 餡の粒度構成と練餡の物理性について. 新潟県食品研究所報告. 12,31-38.
- 由田宏一 (1987). 豆類の粒大変異に関する作物学的研究. 北大農邦紀. 15,385-434.
- 由田宏一, 佐藤久泰, 石井伸朗, 上嶋尚 (1988). アズキの品質に関する研究, 第2報 北海道産小豆にみられるタンパク含有率 (NIR法) の差異. 日作紀. 57 (別号2), 119-120.
- 由田宏一, 佐藤導謙, 中世古公男 (1990a). アズキの品質に関する研究, 第7報 収穫時期, 乾燥条件および脱粒方法の影響. 日作紀. 59 (別号2), 157-158.
- 由田宏一, 佐藤久泰 (1990b). アズキにおける品質関連形質の変異とその成因, 第1報 北海道産にみられる粒大の変異. 日作紀. 59,450-454.
- 由田宏一, 佐藤久泰, 上嶋尚, 石井伸朗, 佐藤導謙 (1991a). アズキにおける品質関連形質の変異とその成因, 第2報 北海道産にみられる種皮色の変異. 日作紀. 60,234-240.
- 由田宏一, 照井昭義, 中世古公男 (1991b). アズキにおける種皮の構造と物理的性質. 育種・作物学会北海道談話会会報. 31,45.
- 由田宏一, 佐藤久泰, 佐藤導謙 (1995). アズキにおける品質関連形質の変異とその成因, 第3報 種子の吸水性と硬実性について. 日作紀. 64,7-13.
- 渡辺篤二, 高妻洋子 (1982a). 小豆餡の食品化学的研究 (第1報) 小豆餡中のタンパク質及びデンプンの性状. 共立女子大学紀要. 25,29-39.
- 渡辺篤二, 高妻洋子, 渡辺圭子 (1982b). 小豆餡の食品化学的研究 (第2報) 小豆の煮熟 (加熱) による餡粒子形成について. 共立女子大学紀要. 25,41-50.
- 矢ヶ崎和弘・宮澤佳枝・小林勉・重盛勲・宮崎尚時 (1989). 大豆保存品種の加工適性の評価, 第1報 粒大・子実成分および煮豆硬度に関する調査. 長野中信農試報. 7,35-42.
- 矢ヶ崎和弘・山田直弘・小林勉・高橋信夫・山口光彦・新津綾子 (1994). 蒸煮大豆硬度測定法の改良と選抜への利用. 長野中信農試報. 12,11-20.

Studies on Characteristics for Food Processing of Adzuki Beans and Common Beans, and Factors for their Variation

Jun KATO

Summary

The relationships between seed quality and characteristics for food processing of adzuki beans (*Vigna angularis* (willd.) Ohwi and Ohashi) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) were investigated. The factors for variation of the characteristics affected by cultivating and storage environments were also described.

1. Relationships between seed quality and characteristics for Ann (bean paste) processing of adzuki beans

'Erimoshouzu', which was a leading variety in Japan, showed higher L* (lightness) and b* (degree of yellow colour) values for the seed coat colour than those of other varieties. Adzuki beans harvested in Tokachi district were bigger in size and higher in protein content, and exhibited higher L* and b* values for the seed coat colour than those harvested in other districts of Hokkaido. The coefficients of variation for the seed coat colour were small for the adzuki beans harvested in Tokachi district. While the L* values for non-sugared Ann (bean paste) were distinctly higher, the a* (degree of red colour) and b* values for them were lower than each value for the seed coat. The L* values became considerably low and the a* values became a little high after sugaring to Ann. The L* and a* values for the seed coat were positively correlated with those for non-sugared and sugared Ann each other, respectively.

Ann particle size differed among varieties, harvest years and cultivation area, and it varied much among varieties. The mean particle size of Ann prepared from 'Erimoshouzu'(100 μ m) was lower than that prepared from 'Akanedainagon'(111 μ m). A significant positive correlation was found between seed size and mean particle size of Ann. Sensory evaluation tests indicated that Ann with smaller particle size was smooth whereas that with bigger particle size was rough in texture. The Ann smoothly textured was preferred over the Ann roughly textured. A significant positive correlation was found between Weight Increase Ratio by Boiling (WIRB) and Ann yield. Ann yield could be estimated by regressive expression using WIRB.

2. Factors for variation of adzuki seed coat colour and its two-dimensional colour mapping

The variation of seed coat colour within an adzuki plant was larger for L* and b* values. Although the L* and b* values were higher for the seeds at upper nodes of a plant, the a* values showed small variation among nodes. The L* and b* values increased with delays in flowering. It was suggested that the variations of the seed coat colour observed among pod positions were probably due to the differences of flowering time of the pods.

The two-dimensional colour mapping technique using L* and C* (chroma) was useful for evaluating the seed coat colour of adzuki beans, which varied with the samples of different varieties, harvest years and growing locations. It was found that the differences of the seed coat colour among varieties contributed to the variation of C* values, while the differences of the seed coat colour among harvest years were associated with L* values. The difference in the seed coat colour of samples from different growing locations was much larger for the L* values than the C* values for samples of the same variety. A significant negative correlation was found between the L* values and average temperatures during the maturing period of adzuki beans. The L* values increased with decreasing temperature during the maturing and vice versa.

3. Effects of characteristics related to seed quality on Ann processing of common beans

It was difficult to estimate Ann colour from the seed coat colour of white common beans. The maximum viscosity became higher for the seeds with decreasing protein content and increasing starch content. The WIRB for Tebou beans came to be constant for 40 minutes of boiling time; however, the WIRB for Ofuku beans continued to increase even over 80 minutes. The WIRB for Kintoki beans continued to increase up to 60 minutes, although the beans changed to be soft enough for 40 minutes of boiling time. A significant positive correlation was found between WIRB and Ann yield within such the same common bean groups as Tebou, Ofuku and Kintoki.

The mean size of Ann particle was smaller for Ofuku group than Kintoki and Tebou groups. A significant positive correlation was found to exist between the seed size and the mean particle size of Ann within the same group. From the results of sensory tests it was observed that the mean particle size did not affect to preference for Tebou Ann. No difference was observed in the evaluation of texture (smooth or rough) between Tebou Ann with different mean particle size.

4. Factors for variation of characteristics for Nimame (seasoned boiled beans) processing of common beans

It was difficult to estimate the Nimame (seasoned boiled beans) colour with the seed coat colour of Kintoki beans. Little difference was observed between the average colour of the Nimame made from normal and discoloured beans, however, the variations were larger for the Nimame made from discoloured beans.

A significant negative correlation was found to exist between the WIRB and the hardness of boiled Kintoki beans measured by a rheometer. The hardness of cotyledon and seed coat of boiled beans were smaller for the Kintoki beans which had larger WIRB, and they could be estimated by regressive functions using WIRB. Compared with 'Taishoukintoki', which was a leading variety in Kintoki group, the hardness of cotyledon for 'Fukumasari' was lower, and those of 'Hokkaikintoki' and 'Tanchoukintoki' were higher. The hardness of seed coat for 'Fukumasari' was lowest among these four major varieties every year. The hardness of Nimame evaluated by sensory tests correlated highly with the hardness measured using the rheometer. However, the percentage of disagreement was higher in comparison of Nimame between different varieties than that among the same variety.

The hardness of boiled beans varied with harvest years and growing locations for Kintoki beans, but little variation was observed among Kintoki beans grown with different amount of fertilizer and different soil properties. Compared with Kintoki beans which harvested in different years, the hardness of seed coat became higher when the seed size was small and the percentage of seed coat weight was high. The hardness of cotyledon and seed coat became lower when the content of protein was low and the content of starch was high. It was suggested that the hardness of boiled beans which varied among harvest years was correlated with such climatic factors as precipitation and duration of sunshine.

5. Variation in the characteristics for food processing during storage of adzuki beans and common beans

WIRB and Ann yield of adzuki beans decreased markedly, and L^* and b^* values for the seed coat colour also decreased considerably at normal temperature during storage in Tokyo. These values decreased at normal temperature during storage in Hokkaido after one year and over since harvested, and they decreased a little at the low temperature below 15°C; however, no change was observed at 5°C up to two years since harvested. The decrease of L^* values was suppressed by vacuum packing. WIRB and Ann yield of Tebou beans decreased and b^* values for the seed coat colour increased at normal temperature during storage. They changed a little at low temperature after one year and over since harvested, and a little change was observed at 5°C after around two years since harvested. The decrease of WIRB and Ann yield were suppressed by vacuum packing and sealed packing. WIRB and L^* values for the seed coat colour of Kintoki beans decreased, and hardness of boiled beans for the cotyledon and seed coat increased at normal temperature during storage even after half a year since harvested. They changed considerably at low temperature after one year and over since harvested, and changed a little at 5°C after around two

years since harvested. The decrease of L^* values was suppressed by vacuum packing. Electric conductivity (EC) and dissolved solid in soaking water (DSSW) increased for the adzuki, Tebou and Kintoki beans of which boiling properties became inferior during storage.

The differences of seed quality and characteristics in Ann processing of adzuki beans between two varieties of 'Erimoshouzu' and 'Bloodwood', which was a leading variety in Australia, harvested and stored for 6 months at 10°C and 30°C in Australia were investigated. The L^* and b^* values for the seed coat colour of 'Bloodwood' were a little higher than those of 'Erimoshouzu'. The WIRB was smaller and the mean particle size of Ann for 'Bloodwood' was larger than those for 'Erimoshouzu'. The sensory differences of Tsubu-ann (sugared bean paste containing whole beans) between varieties were significantly discriminated by the Japanese panel; however, they were not discriminated by the Australian panel. Both Japanese and Australian panels detected significant sensory differences in the characteristics of Tsubu-ann made from 'Bloodwood' stored at different temperatures. The perceived colour of Tsubu-ann made from 'Bloodwood' was darker than that made from 'Erimoshouzu'. It was found that the characteristics for Ann processing between these two varieties were different, and that the sensory differences of Tsubu-ann made from 'Bloodwood' beans stored at different temperatures were larger than those made from 'Erimoshouzu'.