小豆の貯蔵湿度が品質・調理特性に及ぼす影響

北海道教育大学紀要（第２部Ｃ）第33巻　第２号
Journal of Hokkaido University of Education (Section II C) Vol. 33, No. 2

昭和58年３月
March, 1983

小豆の貯蔵湿度が品質・調理特性に及ぼす影響*

畑　井　朝　子
北海道教育大学函館分校家政教室

Influences of Storage Humidity on Qualities and Cooking Characteristics of Azuki Beans *Phaseolus angularis* wight

Asako HATAI
Home Economics Labolatory, Hakodate College, Hokkaido University of Education,
Hakodate 040

Abstract

Four varieties of azuki beans were stored under different conditions of temperature and humidity (5°C- RH 50%, 5°C- RH 75%, 35°C- RH 50%, 35°C- RH 75%) for 5-7 months, and the changes in the qualities and cooking characteristics of the beans were examined.

The results are summarized as follows :

(1) Storage under the conditions of 5° C-RH 50% and 35° C-RH 50% caused the weight and the moisture of beans to decrease, while the water absorption increased when beans were soaked in water. Other conditions caused contrary changes. Storage under condition of 35°C-RH 75% enabled the color of the beans to darken most.

(2) The hardness of beans when boiled in water for 60 minutes was high for those stored at 5° C-RH 75% and 35°C-RH 75%, while water absorption by beans boiled in water was low for these storage conditions.

(3) The yield of bean jam differed according to the storage conditions. Namely, a low yield was obtained from beans under 35°C-RH 50% and 35° C-RH 75%, ; in addition, storage under the condition of 35°C-RH 75% gave rise to the worst bean jam color.

These results indicate that the qualities and the cooking characteristics of beans stored at high temperature or high humidity are inferior to those stored at low temperature or low humidity. Low temperature and low humidity storage is therefore recommended for azuki beans.

＊　本報文を「小豆の調理特性に関する研究（第11報）」とする.

I 緒 言

前報[1)2)]では北海道産7品種と台湾小豆1品種の計8品種について貯蔵温度を変えた場合の品質変化とその調理・加工特性を検討し，小豆の貯蔵温度によって，千粒重，含水率，色調，吸水率，吸水による膨潤率，加熱吸水率，煮熟性，生あんの加工歩留り及び色調等が変化し，高温貯蔵が小豆の品質を著しく低下させることを明らかにした．本報では引き続き，温度条件を前報[1)]と同様に設定した上で，湿度条件を設定し，大納言4品種を用いて小豆の貯蔵湿度が小豆の品質，調理特性に与える影響について検討し，結果が得られたので報告する．

2 実験材料と実験方法

1）供試小豆と貯蔵方法

供試小豆は昭和55年北海道産アカネ大納言及び大粒小豆，青森産青森大納言，また昭和55年に台湾で生産され輸入された台湾大納言であり，予め粒形，色調について選別し，木綿袋に入れ，貯蔵は次の様に行なった．

まず，4個の角型デシケーター（縦24 cm，横36 cm，高さ24 cm）を用意し，2個は飽和塩化ナトリウム水溶液を入れてRH75%（以下高湿区という）に，他の2個は飽和硝酸マグネシウム水溶液を入れてRH 50%（以下低湿区という）に調製し，それらデシケーターに上記4品種の小豆各500 gを中段と上段に分けて平均に並べ密閉した．なお貯蔵中に中段と上段の小豆は数回置き換えた．次に高湿と低湿のデシケーター2個を低温（5±1°C，冷蔵庫）に，残り2個のデシケーターを高温（35±3°C，孵卵器）に保管し5～7か月間貯蔵した．温度は前報[1)]と同様に，我が国の夏期の高温を考慮して35±3°C，また一般に行なわれている低温倉庫での貯蔵条件を考慮して5±1°Cを設定した．

2）加熱方法

前報[2)]と同様である．但し，生あんの加工歩留り及び色調の測定は小豆30 gを80分加熱した試料について行なった．

3）測定項目

i）千粒重・含水率

前報[1)]と同様である．

ii）小豆の色調

25±2°Cの蒸留水中で24時間吸水させた生小豆について固体専用測色色差計（日本電色工業KK製，CS−K6B型）により小豆の表皮の明度（L値）を測定した．

iii）浸水処理による吸水率

小豆20 gを25±2°Cの蒸留水中に24時間保った後，沪紙を用いて付着水を除き重量を測定した．吸水による増量分の原重量に対する比率を吸水率とした．

iv）未煮熟粒数・腹切れ粒数・崩壊粒数

前報[2)]と同様である．

v）加熱小豆粒の硬さ

レオメーター（不動工業KK製，NRM 200型）を用いて小豆が切断されるまでに加えられた力（g）

を測定し，硬さとした．使用アダプターはピアノ線であり，メーター感度は1 kg，試料台測度は2 cm／mim である．

vi）加熱中の吸水率

前報[2]と同様である．

vii）生あんの加工歩留り

前報[2]と同様である．

viii）生あんの色調

前項で得られた沈殿物（生あん）について固体専用測色色差計により明度（L値），赤味度（a値），黄味度（b値）を測定し，明度（L値）と色相（b／a）で表わした．

3　結果と考察

1）生小豆について

表1は千粒重及び含水率に及ぼす貯蔵湿度の影響について調べた結果である．

貯蔵前の千粒重は165～223 gの範囲にあり，渡辺・半藤らの報告[3]による大粒品種の千粒重と一致していたが，最大のアカネ大納言と最小の台湾大納言との間には約35%の差が認められた．

貯蔵後の千粒重は貯蔵条件により異なっており，低温低湿貯蔵が貯蔵前の96～106%（平均100%），低温高湿貯蔵が99～107%（平均102.5%），高温低湿貯蔵が93～98%（平均95.8%），高温高湿貯蔵が99～104%（平均100.5%）に変化しており，低湿貯蔵の千粒重は貯蔵前より減少し，高湿貯蔵は逆に増加する傾向がみられた．さらに貯蔵湿度が同様な場合は貯蔵温度の高い方が低いものより千粒重は減少していた．

貯蔵前の含水率は12.4～14.6%の範囲にあり，最大のアカネ大納言と最小の台湾大納言との間には約18%の差が認められた．貯蔵後の含水率についてみると，低温低湿貯蔵と高温低湿貯蔵は貯蔵前より減少し，それぞれ貯蔵前の73～85%（平均77%）と66～78%（平均69%）になっており，低温高湿貯蔵と高温高湿貯蔵は逆に増加し，その値は貯蔵前の112～124%（平均116.8%）と100～117%（平均107.8%）になっていた．これらのことは低湿条件で小豆が乾燥され，高湿条件では水分吸収が行なわれたことを示しているものと考えられた．

表1：小豆の千粒重・含水率に及ぼす貯蔵湿度の影響

測定項目＼貯蔵条件／品種名		貯蔵前	5±1℃		35±3℃	
			低湿	高湿	低湿	高湿
千粒種（g）	アカネ大納言	223.4	222.9(99)	225.8(102)	215.4(97)	225.5(99)
	大粒小豆	206.5	205.8(99)	210.8(102)	196.2(95)	205.5(99)
	台湾大納言	164.9	174.9(106)	176.1(107)	161.1(98)	172.1(104)
	青森大納言	198.2	191.2(96)	195.5(99)	184.4(93)	197.3(100)
含水率（%）	アカネ大納言	14.6	10.6(73)	16.5(114)	9.6(66)	14.6(100)
	大粒小豆	14.0	10.8(77)	16.4(117)	9.3(66)	14.8(105)
	台湾大納言	12.4	10.6(85)	15.4(124)	9.7(78)	14.5(117)
	青森大納言	14.5	10.6(73)	16.2(112)	9.6(66)	15.8(109)

——(　)内数字は貯蔵前を100とした場合の比較——

含水率の測定時期が千粒重のそれより遅かったため，両者の変化率は異なるが，千粒重と含水率の変化傾向は類似しており低湿貯蔵で減少し，高湿貯蔵で増加し，さらに貯蔵湿度の同様な場合は貯蔵温度の高いものが低いものより減少していた．このことは千粒重の増減は水分の出納によるものであることを示すものであろう．

表2は小豆の色調（明度・L値）に及ぼす貯蔵湿度の影響を調べた結果である．

貯蔵前の小豆の明度は37.9～42.8であり，大粒小豆が最も高く，台湾大納言が最も低くなっていた．またこれらの明度は貯蔵により低下しいずれの品種でも視覚的には色調は暗化した．貯蔵湿度が色調に及ぼす影響は低温貯蔵では小さく，高温貯蔵では著しく，特に高温高湿貯蔵での明度の低下は著しく色調は最も暗化していた．従って低温条件を設定するだけで小豆の赤色の保持は可能であり，ただ高温地域で小豆を貯蔵する場合には低湿条件の設定が，高温貯蔵で生ずる色調の暗化の防止にある程度効果的であることが示唆された．

小豆は浸水による吸水がその他の豆類に比較し著しく遅いため，浸水中に腐敗することもあり，吸水させずに直接加熱されることが多い．しかし小豆を大量に処理する加工工場等では煮熟性を高めるために数時間から24時間の浸水処理を行なっている．次に浸水処理による吸水率に及ぼす貯蔵湿度の影響を24時間浸水処理した小豆を用いて検討し，表3の結果を得た．

貯蔵前の吸水率は98.8～107.4%の範囲にあり，大粒小豆が最も高く，アカネ大納言が最も低くなっていた．貯蔵後の吸水率は高温低湿貯蔵が最も高く，次いで低温低湿貯蔵，次に低温高湿貯蔵であり，高温高湿貯蔵が最も低く，それぞれ貯蔵前の102～106%（平均104.3%），98～103%（平均101%），97～100.5%（平均99.1%），91～99%（平均95%）となっており，低湿貯蔵が高湿貯蔵より高い吸水率を示していた．

これらの吸水率は前述の含水率とは全く逆の傾向を示し，吸水率の低いものは含水率が高く，また吸水率の高いものは含水率が低くなっていた．但し，高湿貯蔵の場合には温度の高いものの方が

表2：小豆の色調(明度L値)に及ぼす貯蔵湿度の影響（24時間浸水）

貯蔵条件 / 品種名	明度 L 値（NBS単位）				
	貯蔵前	5±1℃		35±3℃	
		低湿	高湿	低湿	高湿
アカネ大納言	40.3	37.2	35.9	32.0	25.7
大粒小豆	42.8	41.3	41.1	35.4	27.3
台湾大納言	37.9	36.0	37.1	34.4	28.8
青森大納言	40.1	36.2	36.9	35.2	30.0

表3：浸水処理による吸水率に及ぼす貯蔵湿度の影響（24時間浸水）

貯蔵条件 / 品種名	吸水率（%）				
	貯蔵前	5±1℃		35±3℃	
		低湿	高湿	低湿	高湿
アカネ大納言	98.8	100.7(102)	98.7(99)	104.2(106)	94.3(95)
大粒小豆	107.4	110.3(103)	108.3(100.5)	113.3(105)	97.9(91)
台湾大納言	101.8	99.8(98)	99.0(97)	104.8(103)	96.8(95)
青森大納言	100.0	101.3(101)	100.0(100)	102.3(102)	99.0(99)

——(　)内数字は貯蔵前を100とした場合の比較——

低いものより吸水率が低かったが，このことは小豆の吸水率はその含水量のみに影響されるのではなく，組織の硬化程度や生物学的要因等によっても影響されることを示すものであろう．

2）加熱小豆について

小豆の煮熟性は一般に未煮熟粒，腹切れ粒，崩壊粒の発生状況等から知ることができる．表4は未煮熟粒，腹切れ粒，崩壊粒の発生に及ぼす貯蔵湿度の影響をみた結果である．

未煮熟粒は貯蔵前には全く認められない．貯蔵後の未煮熟粒の発生は貯蔵条件により異なり，低温低湿貯蔵と低温高湿貯蔵では未煮熟粒は貯蔵前と同様全く認められないが，高温低湿貯蔵では1～23%（平均16.8%），高温高湿貯蔵では0～3%（平均0.8%）の発生率となっており，未煮熟粒は高温・低湿の条件下で増加する傾向がみられた．また品種別では大粒小豆がいずれの貯蔵条件でも未煮熟粒が発生しにくい品種であることが明らかである．

貯蔵前の腹切れ粒は台湾大納言が94%，他の品種は100%の発生率となっており，それは貯蔵することにより低下した．腹切れ率が最も低下しているものは高温低湿貯蔵(平均58.4%)，次に低いものは高温高湿貯蔵（平均80.5%），次いで低温低湿貯蔵（平均87.8%）で，最も高いものは低温高湿貯蔵（平均95.5%）であり，腹切れ粒は高温貯蔵で著しく減少し，それは低湿条件によりさらに助長される傾向がみられた．いずれの貯蔵条件においても大粒小豆は85～100%の小豆に腹切れを生じ，貯蔵前とほとんど差はなかった．

崩壊粒の発生についてみると，貯蔵前では56～91%の発生率であり，台湾大納言が最も低く，大粒小豆が最も高い値となっていた．この崩壊粒の発生も腹切れ粒と同様に貯蔵することにより低下した．すなわち高温高湿貯蔵では崩壊粒は全く発生せず，高温低湿貯蔵では0～8%，低温低湿貯蔵では4～63%，また低温高湿貯蔵では19～78%の小豆が崩壊し，崩壊粒の発生は高温貯蔵で著しく低下し，それはさらに高湿条件で助長されていた．しかし，低温貯蔵の場合は逆に高湿条件が崩壊粒の発生を促進する傾向がみられた．

以上のことから煮熟性の低下は高温低湿貯蔵及び高温高湿貯蔵で著しく，前報[2]同様，高温での貯蔵は著しく煮熟性を低下させることが確認された．このような煮熟性の低下は高温によって内部組織が硬化したためと推察されるが，併設された貯蔵湿度の変化によってその内容を異にするのでは

表4：未煮熟粒・腹切れ粒・崩壊粒発生率に及ぼす貯蔵湿度の影響

測定項目＼貯蔵条件 ／品種名		貯蔵前	5±1℃		35±3℃	
			低湿	高湿	低湿	高湿
未煮熟粒発生率（%）	アカネ大納言	0	0	0	23	3
	大粒小豆	0	0	0	1	0
	台湾大納言	0	0	0	22	0
	真森大納言	0	0	0	21	0
腹切れ粒発生率（%）	アカネ大納言	100	90	92	44	83
	大粒小豆	100	97	100	85	94
	台湾大納言	94	69	99	65	91
	青森大納言	100	95	91	38	54
崩壊粒発生率（%）	アカネ大納言	62	26	19	2	0
	大粒小豆	91	63	78	8	0
	台湾大納言	56	4	48	2	0
	青森大納言	69	21	37	0	0

——60分加熱——

表5：加熱小豆の硬さに及ぼす貯蔵湿度の影響（60分加熱）

貯蔵条件 / 品種名	硬さ（g）—レオメーターによる—				
	貯蔵前	5±1℃		35±3℃	
		低湿	高湿	低湿	高湿
アカネ大納言	345	464(137)	463(135)	673(194)	640(184)
大粒小豆	210	174(83)	142(68)	435(216)	473(231)
台湾大納言	335	312(93)	380(113)	487(145)	495(148)
青森大納言	365	279(76)	561(157)	735(201)	401(110)

——（ ）内数字は貯蔵前を100とした場合の比較——

表6：生あんの加工歩留※りに及ぼす貯蔵湿度の影響（80分加熱）

貯蔵条件 / 品種名	生あんの加工歩留り（%）				
	貯蔵前	5±1℃		35±3℃	
		低湿	高湿	低湿	高湿
アカネ大納言	66.5	59.0	64.0	18.9	4.3
大粒小豆	67.7	63.9	69.7	58.5	13.0
台湾大納言	60.8	63.9	70.2	37.7	8.7
青森大納言	65.8	58.2	67.9	22.8	6.6

※ 乾物収量

ないかと考えられた．すなわち，低湿貯蔵の小豆は未煮熟粒が多く，さらに崩壊粒も発生していることから小豆の硬さに個体差が生じていることが考えられ，また高湿貯蔵の場合は未煮熟粒の発生が低く，崩壊粒が全くみられないことから小豆は全体的に一様に硬化していることが推察された．

次にこれらの貯蔵による煮熟性の低下を確認するために，未煮熟粒を除いた加熱小豆の硬さをレオメーターにより測定し表5の結果を得た．

硬さは貯蔵前には210～365 gであり，それは貯蔵によって高まっているが，大粒小豆の値がその他の品種に比べて小さいことが特徴的であり，これは大粒小豆が未煮熟粒が最も少なく，腹切れ粒，崩壊粒が発生し易い品種であることを裏付けているものと考えられた．また高温低湿貯蔵及び高温高湿貯蔵の小豆が著しく硬くなっており，高温条件が小豆の組織を硬化せしめることが明らかであり，これらの結果はさきに述べた小豆の煮熟性が高温条件で著しく低下することを裏付けるものであろう．

図1は加熱による吸水率に及ぼす貯蔵湿度の影響をみた結果である．

加熱40分の平均吸水率は貯蔵前が91.1%，低温低湿貯蔵が84.8%，低温高湿貯蔵が90.9%，高温低湿貯蔵が65.4%，高温高湿貯蔵が59.03%で貯蔵条件により異なっていた．すなわち，吸水率は貯蔵により低下し，その低下率は高温貯蔵で著しかった．貯蔵湿度の影響は貯蔵温度で異なっており，高温貯蔵の場合は高湿条件が低下を一層助長し，低温貯蔵の場合は高湿条件が逆に低下を抑制する傾向が認められた．加熱60分の平均吸水率は貯蔵前は133.9%であり，貯蔵後は94.8～124.9%の間で変化していた．この吸水率は加熱40分の場合より高まっているが，貯蔵条件による低下傾向は加熱40分の場合と同様であった．また加熱80分の平均吸水率は加熱60分の場合より高まり貯蔵前が147.1%，貯蔵後は100～136.5%の範囲にあるが，その貯蔵条件による低下傾向は加熱40分及び60分の場合と同様であった．

また，加熱吸水率の品種間差異についてみると，貯蔵前ではいずれの加熱時間においても大粒小

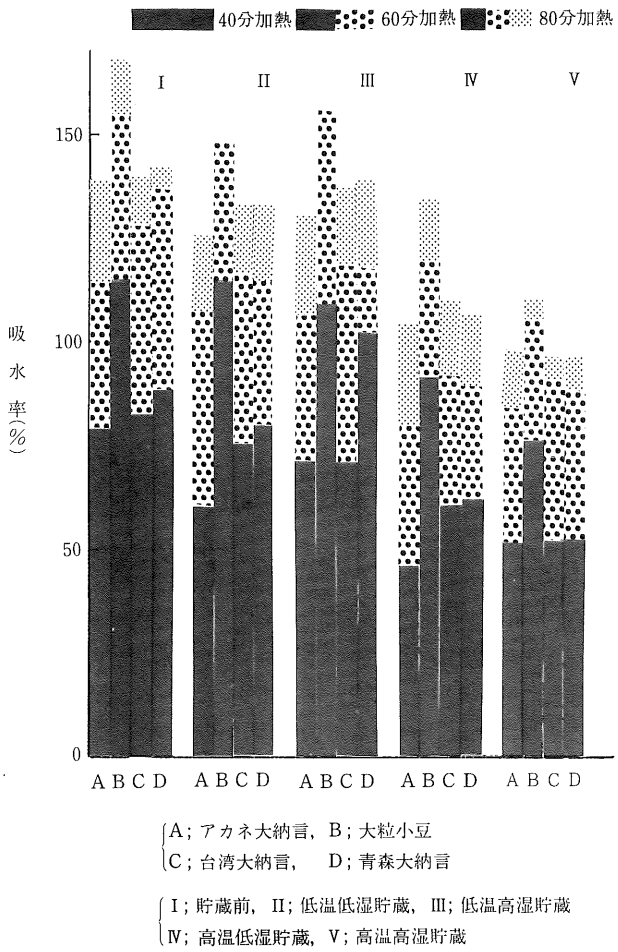

図1　貯蔵湿度が加熱による吸水率に及ぼす影響

豆が最も高く，アカネ大納言が最も低く，これらの品種間差異の傾向は貯蔵後においても同様であった．

以上の様な加熱吸水率の変化は小豆の組織の硬化等によって異なると考えられるが，さきの実験で示した通り小豆の硬さが高く，煮熟性も低下している高温貯蔵のものは加熱吸水率が著しく低く，さらにこれらの変化は高湿条件により助長されていた．これらのことから高温高湿貯蔵は調理・加工上好ましくない影響を与えることが推測された．

3）生あんについて

小豆を80分加熱し，生あんを調製した場合の加工歩留りについて検討し，表6を得た．

平均歩留りは貯蔵前が65.2%，低温低湿貯蔵が61.3%，低温高湿貯蔵が67.9%，高温低湿貯蔵が34.5%，高温高湿貯蔵が8.2%であり，貯蔵条件によりやはり異なっていた．すなわち，低温高湿貯蔵を除いて貯蔵前よりすべて低下し，その低下率は高温貯蔵が著しく，その傾向は高湿条件によりさらに助長されていた．品種別では大粒小豆がいずれの貯蔵条件でも高い歩留りを示した．

表7は生あんの色調に及ぼす貯蔵湿度の影響をみた結果である．

表7：生あんの色調（明度・色相）に及ぼす貯蔵湿度の影響（80分加熱）

測定項目 ＼ 貯蔵条件 ／ 品種名		貯蔵前	5±1℃		35±3℃	
			低湿	高湿	低湿	高湿
明度 L値 (NBS単位)	アカネ大納言	32.3	28.6	29.4	28.3	20.8
	大粒小豆	34.3	31.3	31.7	30.4	25.8
	台湾大納言	34.0	30.7	31.3	31.2	26.2
	青森大納言	33.2	29.5	29.9	30.7	23.0
色相 b/a値	アカネ大納言	0.52	0.73	0.72	0.95	0.87
	大粒小豆	0.51	0.65	0.68	0.97	1.01
	台湾大納言	0.37	0.53	0.57	0.68	0.70
	青森大納言	0.46	0.64	0.53	0.83	0.67

生あんの明度は32.3～34.3の範囲にあり，大粒小豆と台湾大納言が高く，アカネ大納言が最も低く，アカネ大納言の色調が最も暗化していた．明度は貯蔵することにより低下し，低温低湿貯蔵，低温高湿貯蔵及び高温低湿貯蔵が28.3～31.7に，また高温高湿貯蔵は20.8～26.2にまで低下し，高温高湿貯蔵の色調が最も暗化の程度が著しいことが明らかにされた．

生あんの色相は，貯蔵前が0.37～0.52の範囲にあり，台湾大納言が最小でアカネ大納言が最大の値となっていた．視覚的には色相の絶体値の小さいものほど赤色が強く，大きいものほど黄色が強くなり，4品種中最も赤色の強いものは台湾大納言であった．貯蔵後の色相は貯蔵前より上昇し，赤色は弱くなり黄色化していた．以上の生あんの明度，色相の測定結果から生あんの色調は高温及び高湿条件により悪化し，それは特に高温高湿貯蔵の生あんの場合に著しかった．

以上述べた様に小豆を貯蔵すると千粒重・含水量の変化，色調の暗化，吸水率の変化，未煮熟粒の発生，腹切れ粒・崩壊粒の減少，組織の硬化，加熱吸水率の低下，生あんの加工歩留りの低下及び色調の悪化がみられ，そしてこれらの変化は貯蔵条件によって異なることが明らかにされた．貯蔵温度の影響についてはすでに前報[1)2)]で，高温貯蔵が小豆の品質，調理・加工特性にとって好ましくない影響を与えることを報告した所であるが，本実験でも同様の結果が得られた．

貯蔵湿度の影響は貯蔵温度及び測定項目によって異なるが，低温貯蔵の場合より高温貯蔵の場合にその影響は著しく，高湿条件は高温障害を一層助長させることが明らかにされた．従って，小豆の貯蔵は低温でしかも低湿で行なうことが望ましく，また高温地域で小豆を貯蔵する場合に生ずる高温障害は低湿条件の設定によりある程度防止できることも示された．

4 要 約

本研究では昭和55年北海道産小豆2品種（アカネ大納言，大粒小豆），青森産1品種（青森大納言），台湾産1品種(台湾大納言)の4品種の小豆を低温低湿(5±1°C，RH 50%)，低温高湿(5±1°C，RH 75%)，高温低湿（35±3°C，RH 50%）及び高温高湿（35±3°C，RH 75%）に5～7か月貯蔵し，小豆の品質変化と調理特性に及ぼす貯蔵湿度の影響を検討し，次の様な結果を得た．

1）千粒重は165～223 gの間に分布し，アカネ大納言が最も高く，台湾大納言が低かった．これは貯蔵により変化し，低湿貯蔵で減少し，高湿貯蔵で増加した．この千粒重の増減は含水量の増減によると考えられた．

2）小豆の明度は貯蔵すると低下し色調は暗化した．この傾向は高温高湿貯蔵で著しかった．

3）浸水による吸水率は低湿貯蔵で高まり，高湿貯蔵で低下しそれは高温条件によりさらに低下した．

4）未煮熟粒は貯蔵すると発生し，特に高温低湿貯蔵で著しかった．また腹切れ粒，崩壊粒は貯蔵すると減少し，それは高温貯蔵で著しかった．特に高温高湿貯蔵では崩壊粒が全くみられなかった．煮熟性の低下は加熱小豆の組織の硬化によると判断された．

5）加熱による吸水率は貯蔵すると低下し，この傾向は高温貯蔵で著しく，高湿条件はそれをさらに助長した．

6）生あんの加工歩留りは高温貯蔵で低下し，特に高温高湿貯蔵での低下は著しかった．また生あんの色調は貯蔵により悪化し，高温高湿貯蔵の場合が最も悪化していた．

以上の結果は，小豆の貯蔵は低温低湿条件で行なうことが望ましく，また高温地域で小豆を貯蔵した場合に生ずる高温障害は低湿条件の設定によりかなり防止できることを示すものと考えられた．

終わりに，本実験のためにご指導をいただいた豆類加工技術研究会会長武井仁先生並びに実験にご協力下さった工藤幸子さんに深く感謝いたします．また小豆を提供下さいました北海道農業協同組合連合会にお礼申し上げます．

引用文献

1）畑井朝子（1982）小豆の貯蔵温度が品質に及ぼす影響．家政学雑誌，**33**（11），579

2）畑井朝子（1982）原料小豆の貯蔵温度が調理特性に及ぼす影響．家政学雑誌，**33**（12），621

3）渡辺長男・半藤百合子（1966）餡に関する研究（第1報）小豆の製餡歩留とその餡の品質について．新潟県食品研究所報，第9号，89－96