

凍土利用貯蔵が小豆，大豆，金時豆の種皮，およびその貯蔵小豆から調製したこし餡の色彩色差に及ぼす影響

豊 碩^{1,2}・呉 珊^{1,2}・小嶋道之¹

(受付：2014年4月30日，受理：2014年7月18日)

Effect of storage in frozen soil condition on the color difference of seed coat of adzuki beans, soybean, red kidney beans and its consequence to adzuki smooth bean paste

Shuo FENG^{1,2}, Shan WU^{1,2}, Michiyuki KOJIMA¹

摘 要

北海道の代表的農産物である小豆，大豆，金時豆を通年温度 $7.1 \pm 3.4^{\circ}\text{C}$ である凍土利用貯蔵庫で6ヶ月間および15ヶ月間貯蔵した時の種皮色に及ぼす影響および貯蔵した小豆から調製したこし餡色への影響について，冷凍貯蔵 ($-18.9 \pm 1.6^{\circ}\text{C}$) 及び室温貯蔵 ($24.9 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$) したものの相違を明らかにすることを目的とした。紙袋および密封袋で6ヶ月および15ヶ月間貯蔵した小豆種皮の色の明度 (L^* 値) および彩度 (C^* 値) は，いずれの貯蔵条件においても貯蔵期間の長さに比例して低下したが，大豆および金時豆のそれらは貯蔵期間の長さに比例して上昇した。15ヶ月間室温貯蔵した小豆の種皮色の色差は1.95 (紙袋) および2.02 (密封袋)，凍土利用貯蔵したそれらは1.48 (紙袋) および0.95 (密封袋)，冷凍貯蔵したそれらは0.96 (紙袋) および0.93 (密封袋) であった。6ヶ月および15ヶ月間凍土利用貯蔵した小豆から調製したこし餡の色の明度 (L^* 値) および彩度 (C^* 値) は，貯蔵小豆の種皮色のそれらの値と同じ傾向を示し，貯蔵期間の長さに比例して低下した。15ヶ月間室温貯蔵した小豆から調製したこし餡の色差は7.54 (紙袋) および7.05 (密封袋) であり，凍土利用貯蔵した小豆から調製したそれらは7.27 (紙袋) および4.33 (密封袋)，冷凍貯蔵した小豆から調製したそれらは7.65 (紙袋) および3.46 (密封袋) であった。これらのことから，豆類の貯蔵は密封袋がよく，密封袋で凍土利用貯蔵を行うことで，種皮色の色差に及ぼす影響は殆どわずかで，またこし餡の色差に及ぼす影響も低いことが示された。

キーワード：凍土利用貯蔵，豆類，こし餡，色差，色相角度

¹ 帯広畜産大学畜産科学科食品科学研究部門

² 岩手大学大学院連合農学研究科生物資源科学専攻

¹ Department of Food Production Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

² Department of Bioresources Science, United Graduate school of Agricultural Sciences, Iwate University

連絡先：小嶋道之，kojima@obihiro.ac.jp

緒 言

地球の気候システムの重要な構成要素である氷と雪は、大きな冷熱エネルギーを保持している、周囲の環境を低温と共に高湿度を維持することができることから、根菜類などの農産物保存に活用することで品質が保持されることが知られている（堂腰ら 1998）。近年、地球温暖化対策は世界共通の課題であり、日本では2009年までに1990年比6%の温室効果ガス削減目標を掲げて温室効果ガス削減に取り組んできた（国土交通省北海道開発局 2010）。その中で、全国の雪氷冷熱エネルギーの活用施設は年々増加傾向にあり、2010年には約140施設ほどが存在すると報告されている。北海道での事例が最も多く65箇所、雪氷冷熱貯蔵はエネルギーの節約になり、雪1トンが石油約10Lの節約につながり、二酸化炭素は約30kgの抑制につながると報告されている（経済産業省北海道経済産業局 2010; 2011）。北国の自然冷熱である雪氷を利用した貯蔵システムは、CO₂の削減と低コスト化による低温高湿を保つ貯蔵庫として、様々な農産物の品質を保持する施設として期待されている。しかし、自然冷熱エネルギーを利用した貯蔵施設に貯蔵可能な農作物に関する検討は、米、ジャガイモなどの野菜類に限定されたものが大部分（村松 1985; 土谷ら 1994）で、豆類を長期貯蔵した際の品質に関する検討は殆ど行われていない。豆類種子の種皮色は品質評価に影響を与える因子の一つであり、消費量にも影響を与える。すなわち、常温貯蔵庫で貯蔵した小豆は種皮色が暗くなり（Yousif *et al.* 2003）、商品価値の低下が問題視されている。豆類における種皮色は品質や鮮度の一つの指標とみなされていて、古い種子は暗い色になることと関連づけて考えられているため、種皮が暗黒色化した種子は利用が制限される状況にある（Hughes and Sandsted. 1975）。

本研究は、北海道の代表的農産物である小豆、大豆、金時豆を凍土利用貯蔵した時の種皮色の变化および貯蔵した小豆から調製したこし餡の色への影響について明らかにすることを目的として実験した。

実験方法

1. 実験材料および貯蔵施設と包装形態

実験材料は平成21年北海道音更産の小豆「エリモシヨウズ」、大豆「音更大袖振」および金時豆「大正金時」を使用した。小豆、大豆、金時豆の貯蔵は、それぞれ凍土利用貯蔵庫（帯広農業高校に設置）、室温貯蔵庫（帯広畜産大学に設置）および冷凍貯蔵庫（帯広畜産大学小嶋研究室に設置）で行った。凍土利用貯蔵庫は冬の冷気によるヒートパイプを使用することにより貯蔵庫内の温度を低く保持する原理である（土谷 2009）。また、室温貯蔵庫は25℃恒温槽（MIR-152, 三洋電機）を使用し、冷凍貯蔵庫は市販の-20℃冷凍庫（MDF-536, 三洋電機）を使用した。全てのサンプルは市販の包装形態である日本東陽製紙袋（大きさ830mm×417mm, 厚さ0.4mm, クラフト製）および大和物産株式会社製の大きさ270mm×280mm, 厚さ0.07mmのポリエチレン製ジッパー付袋である密封袋に入れて貯蔵し、試料の総重量は20kg, 紙袋を20kg/袋, 密封袋を1kg/袋とした。貯蔵期間は平成22年3月～平成23年5月までの15ヶ月間, 0ヶ月, 6ヶ月および15ヶ月間に試料を2kg、ランダムに採取して混合しながら, 3ヶ所から試料を採取して分析を行った。測定の反復数は15回でした。

2. こし餡の調製

小豆50gに250mlのイオン交換水を加えて25℃のインキュベーターで18時間浸漬後、ザルで豆と浸漬液に分けた。吸水豆に250mlの新しいイオン交換水を加えて95-100℃に沸騰してから20分間加熱を続けた。火を止めた後、室温で15分間冷却し、ザルで豆と煮熱液に分け、煮豆を0.5mmの篩上でつぶしながら種皮を分離した。ザルでこした餡粒子は1Lの水で3回繰り返し洗い、さらにさらし袋で絞ってこし餡を調製した。

3. 色彩色差の測定

種皮色の測定には、種子を90mmφポリエチレン製シャーレに詰めて測定する複粒法で行い、餡の測定には、

凍土利用貯蔵が小豆，大豆，金時豆の種皮，およびその貯蔵小豆から調製したこし餡の色彩色差に及ぼす影響

35mm Øポリエチレン製シャーレに詰めて測定した。色彩色差計 (MINOLTA CR-200, Japan) を用いて L* 値 (明度), a* 値 (赤味度), b* 値 (黄味度) を測定し, C* 値 (彩度), ΔE^*_{ab} 値 (色差) および H° (色相角度) は次式 (1) ~ (3) より算出し, また ΔL^* 値は 6 ヶ月および 15 ヶ月の L* 値と貯蔵開始時 (0 ヶ月) の L* 値との差, Δa^* 値は 6 ヶ月および 15 ヶ月の a* 値と貯蔵開始時 (0 ヶ月) の a* 値との差, Δb^* 値は 6 ヶ月および 15 ヶ月の b* 値と貯蔵開始時 (0 ヶ月) の b* 値との差を表す (Color Science Association of Japan, 1989)。

$$(1) C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$(2) \Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$(3) H^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) (180\pi^{-1})$$

4. 統計処理

結果は平均値 ± 標準偏差で示した。貯蔵開始時 (0 ヶ月) を基準にして貯蔵 6 ヶ月および貯蔵 15 ヶ月の値は Dunnett の多重比較法により検定して, 有意水準を 1% とした。

結果および考察

1. 凍土利用貯蔵が小豆，大豆，金時豆の種皮の色彩色差に及ぼす影響

凍土利用貯蔵, 冷凍貯蔵, 室温貯蔵により 6 ヶ月および 15 ヶ月間貯蔵した小豆の種皮の L* 値および C* 値は, 貯蔵期間の長さ按比例して徐々に低下する傾向が認められた。特に室温貯蔵した場合, 0 ヶ月の L* 値および C* 値に比べ 15 ヶ月間貯蔵したそれらの値は有意に低下していた (表 1)。この結果は, 常温および電気式低温貯蔵庫で貯蔵した小豆で報告された結果とほぼ一致した (加藤 2000)。また, 大豆種皮色については, いずれの貯蔵条件においても, 貯蔵により L* 値と C* 値が上昇する傾向にあり, その傾向は室温貯蔵の場合に特に顕著に見られた。特に室温貯蔵した場合, 0 ヶ月の L* 値および C* 値に比べ 15 ヶ月間貯蔵したそれらの値は有意に上昇していた (表 1)。金時豆の種皮色は, 0 ヶ月の L* 値

および C* 値に比べて 15 ヶ月間貯蔵したそれらの値はいずれの貯蔵条件においても, 有意に上昇する傾向が示され, 特に a* 値の上昇が顕著であった (表 1)。以上のことから, 小豆種皮色は貯蔵により L* 値および C* 値が低下するのに対し, 大豆や金時豆の種皮色 L* 値および C* 値は上昇する傾向にあることが示された。L* 値および C* 値への影響が最も抑制されたのは凍土利用貯蔵の密封袋であった。貯蔵中の種皮色に影響する因子は主に温度, 湿度および光であることが報告されている (Hughes and Sandsted, 1975; Nordstorm and Sistrunk, 1977; Nozzolillo and De Bezada, 1984; Park and Maga, 1999)。また, 貯蔵したソラマメ種皮色の変化はポリフェノール化合物の変化と関連のあることが報告されており (Nasar-Abbas *et al.* 2009), 非酵素的反応であるメイラード反応も種皮色に影響する可能性のあることが報告されている (Edmister *et al.* 1990)。

異なる条件で貯蔵した小豆, 大豆, 金時豆の種皮色の色差 (ΔE^*_{ab}) 値を図 1 に示した。貯蔵開始時 (0 ヶ月) の種皮色と 6 ヶ月および 15 ヶ月貯蔵した各豆の種皮色との間の色差を計算により求めたところ, 密封袋で 15 ヶ月間凍土利用貯蔵した小豆種皮の色差は 0.95 を示し, 冷凍貯蔵した小豆のそれ (0.93) とほぼ同様であった。また, 紙袋で 15 ヶ月間凍土利用貯蔵した小豆の色差は 1.48 を示した。15 ヶ月間室温貯蔵した小豆の種皮色の色差は 1.95 (紙袋) および 2.02 (密封袋) を示し, 同じ貯蔵期間, 冷凍貯蔵および凍土利用貯蔵した小豆種皮の色差に比べて高い値であった。これらのことから, 密封袋を用いて凍土利用貯蔵すると, 小豆の種皮色の変動は少なく, 種皮色変動の抑制が可能であることから, 紙袋よりも密封袋の方が優位で, 室温貯蔵よりも凍土利用貯蔵の方が優れていると言える。

貯蔵した大豆種皮色の色差は, いずれの貯蔵条件においても, 貯蔵期間の長さ按比例して色差が上昇する傾向が認められた。また, 紙袋よりも密封袋で貯蔵した大豆の方が色差変化は小さかった。冷凍貯蔵した大豆種皮の色差変化は 0.79 (6 ヶ月間貯蔵) から 2.01 (15 ヶ月貯蔵) へ, 凍土利用貯蔵したそれは 0.68 (6 ヶ月間貯蔵) から

表1. 貯蔵した小豆, 大豆, 金時豆の種皮の明度 (L*), 赤味度 (a*), 黄味度 (b*), 彩度 (C*) の変化

包装形態	貯蔵期間	貯蔵条件	明度(L*)	赤味度(a*)	黄味度(b*)	彩度(C*)
小豆						
	0ヶ月		39.22 ± 0.57	12.28 ± 0.71	6.64 ± 0.31	13.97 ± 0.63
密封袋	6ヶ月	冷凍貯蔵	38.83 ± 0.51	11.71 ± 0.76	6.23 ± 0.24	13.27 ± 0.66
		凍土利用貯蔵	38.72 ± 0.56	11.85 ± 1.00	6.35 ± 0.32	13.45 ± 0.89
		室温貯蔵	38.13 ± 0.74*	11.67 ± 0.63	6.26 ± 0.52	13.24 ± 0.71
	15ヶ月	冷凍貯蔵	38.54 ± 0.51	11.85 ± 0.75	6.17 ± 0.42	13.36 ± 0.69
		凍土利用貯蔵	38.46 ± 0.82	11.86 ± 0.91	6.26 ± 0.38	13.41 ± 0.96
		室温貯蔵	37.85 ± 0.93*	11.06 ± 0.55*	5.80 ± 0.52*	12.50 ± 0.66*
紙袋	6ヶ月	冷凍貯蔵	38.55 ± 0.80	11.84 ± 0.85	6.35 ± 0.43	13.45 ± 0.77
		凍土利用貯蔵	38.60 ± 0.55	11.74 ± 0.98	6.41 ± 0.40	13.39 ± 0.95
		室温貯蔵	38.27 ± 0.73*	11.67 ± 0.95	6.17 ± 0.61	13.20 ± 1.09
	15ヶ月	冷凍貯蔵	38.51 ± 0.87	11.81 ± 1.14	6.20 ± 0.37	13.36 ± 0.93
		凍土利用貯蔵	38.46 ± 0.53	11.08 ± 1.34*	6.26 ± 0.73	12.74 ± 1.37*
		室温貯蔵	38.44 ± 1.33	10.86 ± 0.89*	5.55 ± 0.53*	12.21 ± 0.94*
大豆						
	0ヶ月		55.06 ± 1.91	0.28 ± 1.05	15.77 ± 0.80	15.80 ± 0.81
密封袋	6ヶ月	冷凍貯蔵	55.82 ± 1.39	0.27 ± 1.37	15.97 ± 0.66	16.03 ± 0.67
		凍土利用貯蔵	55.69 ± 1.40	0.45 ± 0.91	15.95 ± 1.05	15.98 ± 1.03
		室温貯蔵	55.70 ± 1.21	1.19 ± 1.34	17.09 ± 1.26*	17.18 ± 1.21*
	15ヶ月	冷凍貯蔵	56.43 ± 1.67	-0.39 ± 1.25	16.81 ± 1.02	16.86 ± 1.03
		凍土利用貯蔵	56.52 ± 1.30	-0.18 ± 1.54	16.77 ± 1.17	16.84 ± 1.17
		室温貯蔵	57.12 ± 0.94*	1.31 ± 1.13	17.31 ± 1.26*	17.40 ± 1.20*
紙袋	6ヶ月	冷凍貯蔵	55.24 ± 1.40	-0.75 ± 0.86	16.16 ± 1.04	16.20 ± 1.04
		凍土利用貯蔵	55.88 ± 1.57	-0.55 ± 1.54	16.33 ± 0.99	16.41 ± 1.00
		室温貯蔵	56.57 ± 1.39	0.19 ± 1.19	17.15 ± 0.77*	17.19 ± 0.77*
	15ヶ月	冷凍貯蔵	56.66 ± 1.50	-0.40 ± 0.98	16.77 ± 1.02	16.80 ± 1.01
		凍土利用貯蔵	56.55 ± 1.08	-0.26 ± 0.82	17.03 ± 1.11*	17.05 ± 1.10
		室温貯蔵	58.22 ± 1.32*	0.76 ± 1.15	18.21 ± 0.95*	18.26 ± 0.95*
金時豆						
	0ヶ月		34.73 ± 1.06	7.71 ± 1.04	1.42 ± 0.40	7.86 ± 1.02
密封袋	6ヶ月	冷凍貯蔵	35.30 ± 0.92	9.24 ± 0.50	1.50 ± 0.21	8.51 ± 1.04
		凍土利用貯蔵	34.43 ± 0.87	9.73 ± 0.91*	1.56 ± 0.25	9.10 ± 0.77*
		室温貯蔵	35.92 ± 1.21	9.87 ± 0.79*	1.82 ± 0.31	9.66 ± 0.51*
	15ヶ月	冷凍貯蔵	37.28 ± 0.99*	10.93 ± 1.12*	2.09 ± 0.26	10.36 ± 1.15*
		凍土利用貯蔵	37.27 ± 0.91*	10.71 ± 1.02*	2.11 ± 0.32*	10.45 ± 0.73*
		室温貯蔵	37.41 ± 0.78*	10.85 ± 0.66*	2.53 ± 0.45*	11.48 ± 0.88*
紙袋	6ヶ月	冷凍貯蔵	34.87 ± 1.43	8.43 ± 1.04*	1.12 ± 0.41	9.36 ± 0.51*
		凍土利用貯蔵	34.28 ± 1.02	8.99 ± 0.72*	1.39 ± 0.44	9.86 ± 0.94*
		室温貯蔵	35.05 ± 1.18	9.52 ± 0.49*	1.63 ± 0.26	10.04 ± 0.82*
	15ヶ月	冷凍貯蔵	36.25 ± 1.54*	10.21 ± 1.12*	1.75 ± 0.34*	11.13 ± 1.13*
		凍土利用貯蔵	37.01 ± 1.15*	10.25 ± 0.71*	2.03 ± 0.24*	10.92 ± 1.04*
		室温貯蔵	37.31 ± 1.35*	11.14 ± 0.84*	2.76 ± 0.49*	11.14 ± 0.74*

* P<0.01

2.03 (15ヶ月貯蔵) に上昇した。室温貯蔵した大豆種皮色の色差は 1.73 (6ヶ月間貯蔵) から 4.02 (15ヶ月貯蔵) を示し, 同じ貯蔵期間, 冷凍貯蔵や凍土利用貯蔵した時の値よりも高い値であった。これらのことから, 密封袋を用いて凍土利用貯蔵すると, 室温貯蔵した場合よりも大豆種皮色の変化が抑制されることが示された。

15ヶ月間密封袋で冷凍貯蔵した金時豆の種皮色の色差は 2.94 を示し, 凍土利用貯蔵した金時豆のそれは 3.46, 室温貯蔵した金時豆のそれは 4.49 を示した。また, 15ヶ月間密封袋で凍土利用貯蔵した金時豆の色差は, 紙

袋で貯蔵したその値よりも小さい値を示した。これらの結果は, 密封袋を用いて凍土利用貯蔵すると, 室温貯蔵に比べて金時豆の種皮色変化が抑制できることを示している。

2. 凍土利用貯蔵した小豆から調製したこし餡の色彩差に及ぼす影響

密封袋に入れた小豆を 15ヶ月間凍土利用貯蔵, 室温貯蔵および冷凍貯蔵した小豆を用いてこし餡を調製し, その L*, a*, b* 値を測定した。その結果, それらのこし

凍土利用貯蔵が小豆，大豆，金時豆の種皮，およびその貯蔵小豆から調製したこし餡の色彩色差に及ぼす影響

餡のL*, a*, b* およびC* 値は貯蔵条件の違いにより有意に異なることが示された。いずれの条件で貯蔵した小豆から調製したこし餡のL* 値も，貯蔵期間の長さに伴い低下した（表2）。特に，室温貯蔵した小豆から調製したこし餡のL* 値は顕著に低下した。Kato *et al* (1999)

は30°Cで貯蔵した小豆から調製した餡のL* 値は10°Cで貯蔵した小豆から調製した餡のL* 値よりも低いことを報告している。密封袋で室温貯蔵した小豆のこし餡のC* 値は上昇する傾向を示したが，それ以外の方法で貯蔵した小豆から調製したこし餡のC* 値は，貯蔵により低下

表2. 貯蔵した小豆から調製したこし餡の明度 (L*), 赤味度 (a*), 黄味度 (b*), 彩度 (C*), 色相角度 (H°) の変化

貯蔵期間	条件	明度(L*)	赤味度(a*)	黄味度(b*)	彩度(C*)	色相角度(H°)
0ヶ月		60.66 ± 0.29	2.70 ± 0.22	5.59 ± 0.22	6.21 ± 0.17	64.23 ± 2.28
密封袋包装						
6ヶ月	冷凍貯蔵	57.91 ± 0.63 *	2.79 ± 0.23	4.28 ± 0.28 *	5.11 ± 0.24 *	56.87 ± 2.93 *
	凍土利用貯蔵	58.06 ± 0.48 *	3.02 ± 0.36 *	4.58 ± 0.24 *	5.49 ± 0.34 *	56.71 ± 2.82 *
	室温貯蔵	56.89 ± 0.64 *	2.80 ± 0.18	5.70 ± 0.21	6.35 ± 0.18	63.84 ± 1.84
15ヶ月	冷凍貯蔵	57.60 ± 0.26 *	3.37 ± 0.26 *	4.14 ± 0.34 *	5.34 ± 0.29 *	50.77 ± 3.22 *
	凍土利用貯蔵	56.51 ± 0.41 *	3.50 ± 0.19 *	4.67 ± 0.18 *	5.84 ± 0.15 *	53.13 ± 2.07 *
	室温貯蔵	53.74 ± 0.97 *	1.80 ± 0.21 *	6.60 ± 0.22 *	6.84 ± 0.22 *	74.73 ± 1.72 *
紙袋包装						
6ヶ月	冷凍貯蔵	57.44 ± 0.47 *	3.19 ± 0.10 *	4.73 ± 0.12 *	5.70 ± 0.13 *	56.00 ± 0.98 *
	凍土利用貯蔵	56.93 ± 0.47 *	3.20 ± 0.09 *	4.50 ± 0.13 *	5.52 ± 0.11 *	54.56 ± 1.08 *
	室温貯蔵	56.64 ± 0.67 *	3.37 ± 0.27 *	4.54 ± 0.27 *	5.66 ± 0.23 *	53.42 ± 2.86 *
15ヶ月	冷凍貯蔵	53.48 ± 0.42 *	3.22 ± 0.14 *	3.02 ± 0.24 *	4.42 ± 0.20 *	43.05 ± 2.41 *
	凍土利用貯蔵	53.73 ± 0.53 *	3.49 ± 0.33 *	3.55 ± 0.25 *	4.99 ± 0.21 *	45.51 ± 4.03 *
	室温貯蔵	53.38 ± 0.36 *	3.66 ± 0.15 *	3.88 ± 0.23 *	5.34 ± 0.20 *	46.66 ± 2.01 *

*P<0.01

H° = tan⁻¹(b*/a*)(180⁻¹)

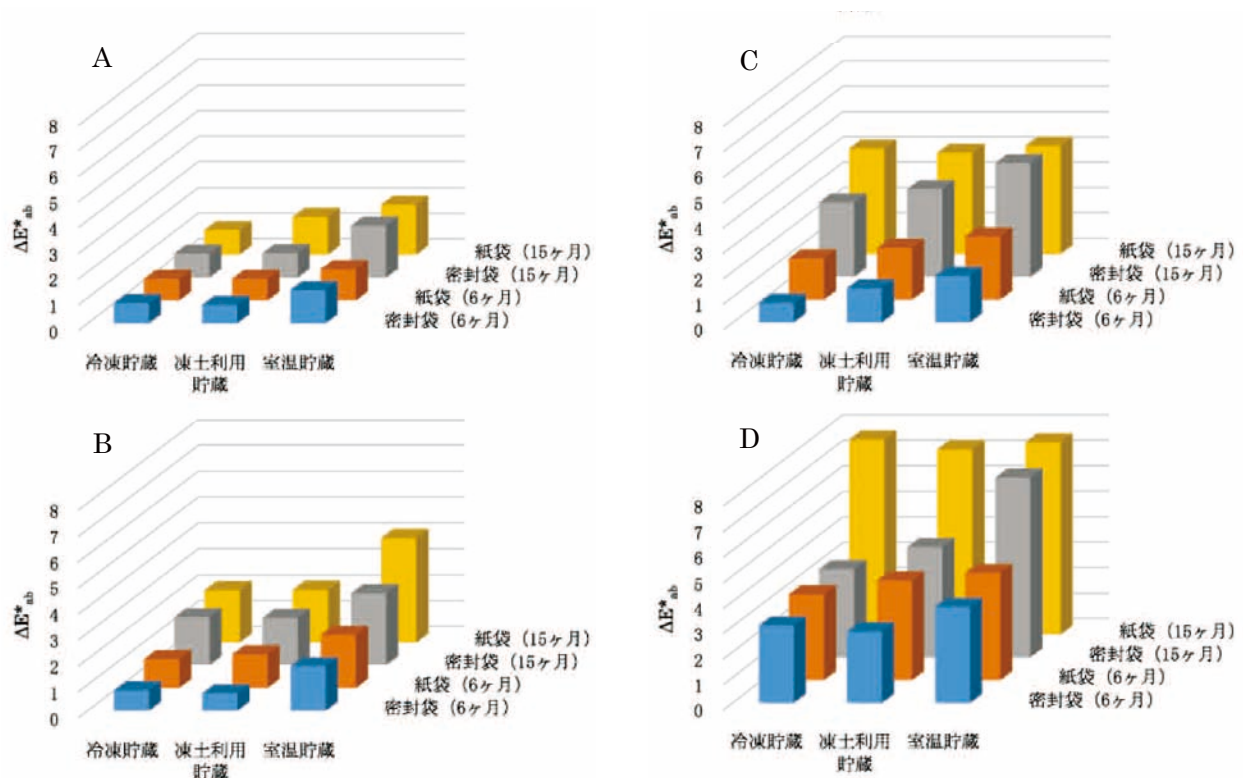


図1. 貯蔵開始時の各豆類種皮色を基準にした時の冷凍貯蔵，凍土利用貯蔵および室温貯蔵した小豆 (A)，大豆 (B)，金時豆 (C) の色差および貯蔵した小豆から調製したこし餡 (D) の色差
色差(ΔE*ab) = [(ΔL*)² + (Δa*)² + (Δb*)²]^{1/2}

する傾向が認められた。ただし、密封袋で室温貯蔵した小豆のこし餡の色相角度 (H°) は貯蔵開始 (0 ヶ月) より 10° 高くなり、黄色方向に変化しており、小豆の特有な赤色を示していなかった。これらのことから、6 ヶ月および15 ヶ月間凍土利用貯蔵および冷凍貯蔵した小豆から調製したこし餡の L^* 値および C^* 値は、貯蔵した小豆の種皮のそれらと同じ傾向を示し、貯蔵期間の長さ按比例して低下することが認められた。

貯蔵開始時 (0 ヶ月) の小豆を用いて調製したこし餡の L^* , a^* , b^* 値と6 ヶ月および15 ヶ月貯蔵した小豆を用いて調製したこし餡の L^* , a^* , b^* 値との差を用いて色差を求めたところ、6 ヶ月間密封袋で冷凍貯蔵および凍土利用貯蔵した小豆のこし餡の色差は、前者が 3.05、後者が 2.81 であった (図 1)。いずれの貯蔵条件においても貯蔵期間の増加に伴い色差は上昇する傾向が見られたが、密封袋で貯蔵した小豆から調製したこし餡の色差は、紙袋のその値よりも小さかった。また、密封袋で15 ヶ月間凍土利用貯蔵した小豆のこし餡の色差は 4.33 を示し、同条件で室温貯蔵した小豆から調製したそれは 7.05 を示した。

これらのことから、15 ヶ月間密封包装をして凍土利用貯蔵した小豆から調製したこし餡の色の变化は、紙袋の凍土利用貯蔵、または密封袋で室温貯蔵したものに比べて色差の変化は抑制されていて、凍土利用貯蔵した小豆から調製したこし餡の色変化は種皮色の変化の程度とよく一致することが示された。

謝 辞

本研究に用いた農産物貯蔵施設提供していただいた帯広畜産大学の土谷富士夫 名誉教授に深謝します。また実験の御指導を賜りました齋藤 優介 様に感謝いたします。

参考文献

Color Science Association of Japan. 1989. Handbook

of color science. Tokyo University Press, Tokyo
堂腰純, 氷李里. 1998. 特の潜熱を利用した青果物の
長期貯蔵. 寒地技術論文・報告集 14: 259-266

Edmister J.A, Breene W.M, Serugendo A. 1990.
Influence of temperature, water activity and
time on cookability and color of a stored
Rwandan dry bean (*Phaseolus vulgaris*) mixture.
Journal of Stored Products Research 26: 121-126

Hughes P.A, Sandsted R.F. 1975. Effect of
temperature, relative humidity and light on the
color of 'California Light Red Kidney' bean
seeds during storage. Hortscience 10: 421-423

加藤淳. 2000. アズキおよびインゲンマメの加工特性と
その変動要因に関する研究. 北海道立農業試験場
報告 95: 55-91

Kato J, Yousif A.M, Deeth H.C, Suzuki M.M, Caffin
N.A, Meguro T. 1999. Differences in the
Cooking Quality between Two Adzuki Varieties
Harvested in Australia and Stored at Different
Temperatures. The Japan Society of Cookery
Science 33 (2): 257-265

経済産業省北海道経済産業局. 2011. 平成 22 年 6 月雪
氷熱エネルギー活用事例集 4 (増補版)

[http://www.hkd.meti.go.jp/hokne/c_energy4plus/
ce4plus.pdf](http://www.hkd.meti.go.jp/hokne/c_energy4plus/ce4plus.pdf) (2014/4/29 現在)

経済産業省北海道経済産業局. 2011. 経済産業省関東経
済産業局雪氷エネルギー普及拡大セミナー in 東京
(資料集)

[http://www.hkd.meti.go.jp/hokne/seppyoe/data.
pdf](http://www.hkd.meti.go.jp/hokne/seppyoe/data.pdf) (2014/4/29 現在)

国土交通省北海道開発局. 2010. 低温貯蔵農産物の雪氷
冷熱活用した輸送に関する調査 (概要)

[http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/toukei/chousa/
h22keikaku/03.pdf](http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/toukei/chousa/h22keikaku/03.pdf) (2014/4/29 現在)

村松謙生. 1985. 野菜の雪中貯蔵とその生理的变化. 雪
害研究発表会 10: 20-24

Nasar-Abbasa S.M, Siddique K.H.M, Plummer J.A,

- White P.F, Harris D, Dods K, D'Antuono M. 2009. Faba bean (*Vicia faba L.*) seeds darken rapidly and phenolic content falls when stored at higher temperature, moisture and light intensity. *Food Science and Technology* 42 (10): 1703-1711
- Nordstorm C.L, Sistrunk W.A. 1977. Effect of type of bean, soak time, canning media and storage time on quality attributes and nutrient content of canned dry beans. *Journal of Food Science* 42: 795-798
- Nozzolillo C, De Bezada M. 1984. Browning of lentil seeds, concomitant loss of viability, and the possible role of soluble tannins in both phenomena. *Canadian Journal of Plant Science* 64: 815-824
- Park D, Maga J.A. 1999. Dry bean (*Phaseolus vulgaris*) color stability as influenced by time and moisture content. *Journal of Food Processing and Preservation* 23 (6): 515-522
- 土谷富士夫. 2009. 帯広市八千代地域におけるヒートパイプを利用した大型実用低温貯蔵庫の開発. *北海道自然エネルギー研究* 6: 15-21
- 土谷富士夫, 石橋憲一, 了戒公利, 吉田秀昭. 1994. ヒートパイプ型凍土低温貯蔵庫の性能と野菜および米の貯蔵性に関する研究. *寒地技術論文・報告集* 10: 619-626
- Yousif A.M, Kato J, Deeth H.C. 2003. Effect of storage time and conditions on the seed coat colour of Australian adzuki beans. *Food Australia* 55 (10): 479-484
- adzuki beans under a frozen soil storehouse ($7.1 \pm 3.4^\circ\text{C}$), a freezer ($-18.9 \pm 3.4^\circ\text{C}$) and a thermostatic oven ($24.9 \pm 0.1^\circ\text{C}$) for 6 months and 15 months. Under any storage condition of this study, the brightness (L^* value) and colorfulness (C^* value) of seed coat of adzuki beans packed in paper bags and sealed polyethylene bags decreased during 15 months, but these values of soybean and red kidney beans increased during storage periods. After 15 months, the color difference of seed coat of adzuki beans stored under the thermostatic oven, frozen soil and freezer storage condition were 1.95 (paper bag) and 2.02 (sealed polyethylene bag), 1.48 (paper bag) and 0.95 (sealed polyethylene bag), 0.96 (paper bag) and 0.93 (sealed polyethylene bag), respectively. About the smooth bean paste made from stored adzuki beans, the brightness (L^* value) and colorfulness (C^* value) decreased under the frozen soil storage condition, and these decrease were the same as the changes of L^* and C^* values of seed coat of adzuki beans. The color difference of adzuki smooth bean paste stored under the thermostatic oven, frozen soil and freezer storage condition were 7.54 (paper bag) and 7.05 (sealed polyethylene bag), 7.27 (paper bag) and 4.33 (sealed polyethylene bag), 7.65 (paper bag) and 3.46 (sealed polyethylene bag) after 15 months, respectively. Based on these results, beans stored under sealed polyethylene bag and frozen soil storage condition could control the increase of color difference for seed coat and smooth bean paste made from storage adzuki beans.

Keywords: frozen soil, beans, smooth bean paste, color difference, hue angle

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect on the color difference of seed coat of adzuki beans, soybean, red kidney beans and smooth bean paste made from stored