

冷凍期間/解凍条件の違いにおける納豆の特性解析

野口 友嗣*

1. はじめに

納豆は多くの場合、賞味期限が 10 日間程度とされている。そのため、長距離輸送には冷凍保存が用いられている。冷凍保存した食品の栄養成分は殆ど変化しないと言われているが、納豆の冷凍/解凍後の品質変化に関する具体的な試験データは少ない。

納豆メーカーが販路拡大を検討するにあたって、冷凍/解凍後の納豆の品質特性を把握することは重要である。そこで、全国納豆協同組合連合会との共同研究により、冷凍保存した納豆の品質評価に関する研究を実施することとした。

2. 目的

本研究では、現状で想定される冷凍期間、解凍条件で処理された納豆の特性を評価することで、冷凍保存した納豆が市場に流通した時の品質に関する知見を得ることを目的とした。

3. 研究内容

3.1 供試材料

納豆製造用の大豆には、小粒品種「ユキシズカ」(令和元年 北海道産)を用いた。納豆菌には、宮城野納豆菌液(宮城野納豆製造所製)を用いた。

3.2 実験方法

3.2.1 サンプルの調製

乾燥大豆 3kg を洗浄後、十分量の蒸留水に浸して 20℃の恒温器内で 16 時間浸漬させた。浸漬後に 5 分間水切りを行い、0.18MPa、30 分間の条件で蒸煮した。煮豆を加熱滅菌した容器に取り出し、納豆菌液(1/10³倍希釈)を添加して混合し、ポリスチレンペーパー容器に 50g ずつ充填した。充填後 39℃で 18 時間、20℃で 2 時間発酵、5℃で一晩熟成させた。

製造した納豆は、-25℃の業務用冷凍庫で 10 日間、30 日間および 90 日間冷凍保存した。所定期間保存した納豆を 5℃で 16 時間解凍(低温解凍)または 20℃で 4 時間解凍(常温解凍)し、測定に供試した。

3.2.2 水分量の測定

30 メッシュの裏ごし器により納豆を 3 回裏ごし後、約 5g の試料を秤量して水分量を測定した。測定には赤外線水分計 FD-800(ケット科学製)を用いた。各試料について 3 点ずつ測定を行い、平均値を算出した。

3.2.3 硬さの測定

皮剥けおよび潰れない納豆 50 粒の短軸方向の切断強度を測定した¹⁾。測定には切断用アダプタおよびピークホールドタイプの重量計を用いた。

3.2.4 色調の測定

既報¹⁾を参考にして納豆をラップフィルムに挟み軽く押しつぶした後、L*、a*、b*値を測定した。測定には色差計 SE2000(日本電色工業製)を用い、各試料について 10 点ずつ行い、平均値を算出した。

3.2.5 遊離アミノ酸含量の測定

既報²⁾を参考にして行った。すなわち、試料を真空凍結乾燥後にミキサーで 30 秒間(10 秒間×3 回)破碎して、均一化した試料 0.5g を秤量した。これに 70%エタノールを添加して 4℃、150rpm/分で 30 分間振盪抽出後、遠心分離(4℃、7 820rpm、5 分間)を行い、上清を回収した。70%エタノール抽出から上清回収までの操作を 3 回繰り返して 25ml に定容後、シリンジフィルター(25CS 020AS、アドバンテック製)を用いてろ過した。ろ過済みの溶液を等量の pH2.2 クエン酸リチウム緩衝液と混合して、既報²⁾と同じ条件で HPLC 分析を行った。

3.2.6 食味試験

産業技術イノベーションセンター職員 7 名による食味試験を行った。評価は 5 点法で、製造直後の納豆を対照として、味(食感、香りを含めた総合的な判断)を評価した。

4. 研究結果と考察

4.1 水分量

各試験区の納豆における水分量を図 1 に示した。製造直後(冷凍 0 日)の水分量(60.0±0.8%)に対して、冷凍保存した納豆はいずれも同等の値を示した。解凍条件の比較でも冷凍 30 日目、90 日目で 2 群間に有意差はみられず、水分量は殆ど変化しなかった。

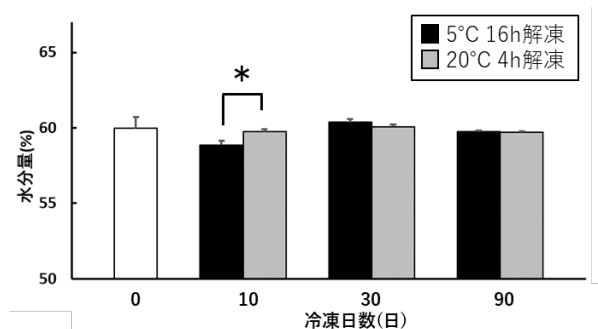


図 1 各試験区における納豆の水分量

4.2 硬さ

各試験区における納豆の硬さを図 2 に示した。冷凍保存したすべての試験区で製造直後より軟らかくなったが、これは冷凍処理により氷結晶が生成し、納豆粒の細胞壁が損傷したためだと考えられる。低温解凍では冷凍 10 日目、30 日目とも同等の切断強度だったが、冷凍 90 日目では 10%程度大きかった。常温解凍では、

*フード・ケミカルグループ

冷凍期間が長いほど切断強度も大きくなる傾向がみられた。なお、冷凍10日目では、低温解凍で切断強度が有意に大きかったが($p < 0.05$)、冷凍30日目、90日目では同等の値を示した。冷凍10日目で硬さに有意差があることについては、測定に要する時間が他試験区より長くなったことで、その間、プロテアーゼによる分解が進んだ可能性が考えられる。

食品の解凍後の品質を低下させる要因のひとつである氷結晶の成長は、主に凍結速度と最終的な凍結温度に依存する³⁾。そのため、品質変化の抑制には急速冷凍庫の利用や極低温での冷凍温度の設定が有効と思われる。ここで、冷凍処理による品質変化を抑えるという点では、不凍タンパク質を利用することも検討する価値があると思われる。

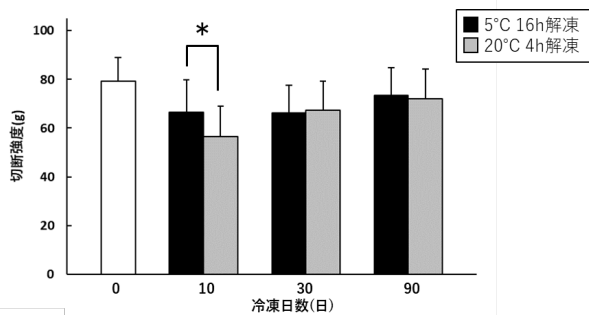


図2 各試験区における納豆の硬さ(* $p < 0.05$)

4.3 色調

各試験区における納豆の色調を表1に示した。 L^* 値は値が大きいほど明度が増すことを表す。 a^* 値は値が大きいほど赤味が強く、 b^* 値は値が大きいほど黄味が強いことを表す。 L^* はいずれの解凍条件でも冷凍30日目までは冷凍前と同等だが、90日目で減少した。納豆を冷蔵保存すると保存期間が長いほど L^* が減少する²⁾が、冷凍保存では、90日目にわずかに減少した。 a^* 値は低温解凍では、すべての冷凍期間で冷凍前より大きく、常温解凍では、同等またはわずかに減少した。 b^* 値は解凍条件によらず、冷凍期間が長いほど数値が大きくなる傾向がみられた。以上より、納豆の色は冷凍期間が長いほど黄方向に暗くなることが分かった。

表1 各試験区における納豆の色調

解凍条件	冷凍日数(日)							
	0	10		30		90		平均
		5°C 16h	20°C 4h	5°C 16h	20°C 4h	5°C 16h	20°C 4h	
L^*	57.4	57.4	57.7	56.0	57.4	54.4	54.3	
a^*	4.09	4.68	3.86	4.49	3.68	4.36	4.07	
b^*	11.9	10.0	13.4	12.4	14.2	15.3	14.8	

4.4 遊離アミノ酸総量

各試験区における納豆 100g あたりの遊離アミノ酸総量を図3に示した。冷凍前(472.4±2.5 mg/100g)に対して、冷凍保存した場合の遊離アミノ酸総量はすべての試験区で増加した。冷凍処理が、納豆の品質変化に与える影響が大きいことが確認できる。解凍条件を比較すると、冷凍10日目、30日目および90日目のすべてで、常温解凍の方が低温解凍よりも遊離アミノ酸総量が有意に多かった($p < 0.05$)。

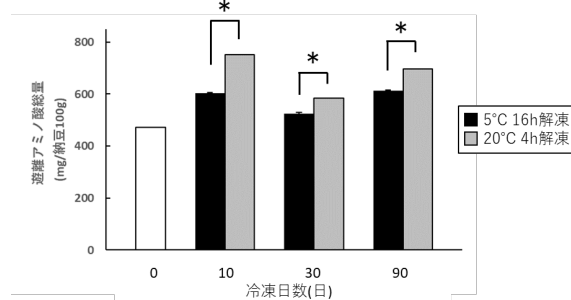


図3 各試験区における納豆の遊離アミノ酸総量(* $p < 0.05$)

4.5 食味試験

食味試験の結果を表2に示した。製造直後の納豆(3.0点)に対して冷凍保存した納豆は、冷凍10日、30日目では同等の点数(2.9-3.1点)だったが、冷凍90日目では低温解凍1.6点、常温解凍1.9点と点数が低かった($p < 0.01$)。すなわち、納豆の食味は、冷凍30日目までは製造直後と同等だが、90日目では評価が低くなることが確認された。

表2 食味試験結果

解凍条件	冷凍期間(日)								平均
	0	10		30		90			
		5°C 16h	20°C 4h	5°C 16h	20°C 4h	5°C 16h	20°C 4h		
評価者1	3	3	2	3	3	2	2	2.5	
評価者2	3	1	1	3	2	1	1	1.5	
評価者3	3	2	5	4	3	2	3	3.2	
評価者4	3	2	2	3	4	1	1	2.2	
評価者5	3	4	5	3	3	1	2	3.0	
評価者6	3	4	2	4	2	1	2	2.5	
評価者7	3	4	4	3	3	2	2	3.0	
平均	3.0	2.9	3.0	3.1	2.9	1.6	1.9		

5. まとめ

1. 冷凍処理した納豆はすべての冷凍期間で水分量に殆ど変化は見られなかった。
2. 常温解凍では冷凍期間が長いと切断強度が大きい一方、低温解凍では冷凍30日目、90日目で同等の値を示した。色は冷凍期間が長いと黄方向に暗く変化する傾向があった。
3. 冷凍10日目、30日目および90日目のすべてで、常温解凍の方が低温解凍よりも遊離アミノ酸総量が有意に多かった。
4. 以上の結果から、納豆の冷凍/解凍時の品質変化を抑制するためには、冷凍期間は最大30日間、解凍方法は低温解凍が望ましいと考えられる。

6. 参考文献等

- 1) 長谷川裕正. 製造条件が保存中の納豆品質変化に及ぼす影響. 茨城県工業技術センター平成21年度研究報告. **38**, 26-27 (2011)
- 2) Kubo, Y., Noguchi, T., Kimura, K. Storage temperature and quality changes of natto. *Food Sci. and Tech. Res.*, **27** (in press).
- 3) 安藤泰雅, 根井大介, 河野普治, 鍋谷浩志. 食品の冷凍および解凍に関する技術開発の現状と今後の課題. 日本食品科学工学会誌. **64**, 391-428 (2017).