

有色素大豆納豆製造時のポリフェノールの消長

野口 友嗣* 岩佐 悟*

1. はじめに

納豆の機能性に関しては、黄大豆で製造した納豆(黄大豆納豆)を用い、ビタミンKやイソフラボン、ポリアミン等に関する研究が行われてきた。その一方、黒大豆等の有色素大豆にはポリフェノール等の成分が含まれているが、黄大豆納豆と比較して、有色素大豆を用いて製造した納豆(有色素大豆納豆)の機能性に着目した研究は、あまり行われてきていない。

共同研究先の全国納豆協同組合連合会(納豆連)においても、有色素大豆による納豆を製造する会員企業が多く、有色素大豆納豆の価値向上が求められていた。

2. 目的

本研究の目的は、ポリフェノールを多く含む黒大豆納豆の製造方法を開発することである。

黒大豆納豆の製造条件の違いが総ポリフェノール含量に与える影響を調査した結果、浸漬溶液および発酵時間が重要な因子であることを明らかにし、従来の製法よりも総ポリフェノール含量を13%多く含む製法を開発したので報告する。

3. 研究内容

3.1 標準製法における納豆製造工程での総ポリフェノールの消長の把握

黒大豆(令和2年北海道産、大豆品種:光黒)を用いて図1の製造条件で納豆を製造し、製造工程で試料(原料大豆、吸水豆、煮豆および納豆)を回収した。このときの製造条件を標準製法とした。原料大豆、吸水豆、煮豆および納豆を回収後、真空凍結乾燥機を用いて乾燥・粉末化し、分析した。総ポリフェノール含量は、Folin-Ciocalteu法^{1), 2)}により測定した。試料の総ポリフェノール含量は、没食子酸相当として乾物重量1gあたりの含量で算出した。

浸漬: 25℃、16時間(蒸留水)
 蒸煮: 0.18MPa、30分
 発酵: 39℃、18時間(相対湿度90%)
 20℃、2時間(相対湿度50%)
 熟成: 5℃、一晚

図1 納豆の製造条件(標準製法)

3.2 納豆中ポリフェノール含量への影響が大きい要因の抽出

実験計画法におけるL16直行配列表を用い、既報³⁾を参考に、製造条件のうち6要因(浸漬溶液、蒸煮圧力、蒸煮時間、菌株の種類、発酵温度、発酵時間)を変更して納豆を製造した。製造条件を表1に示す。

続いて、納豆の総ポリフェノール含量を測定して、ポリフェノール含量に与える影響が大きい上位2要因を抽出した。

表1 検討した納豆の製造条件

ID	浸漬溶液	蒸煮圧力 (MPa)	蒸煮時間 (分)	菌株の種類	発酵温度 (°C)	発酵時間 (h)
1	硫酸鉄溶液	0.20	40	センター保有	42	20
2	蒸留水	0.16	40	宮城野	42	20
3	硫酸鉄溶液	0.20	40	宮城野	36	20
4	蒸留水	0.16	40	センター保有	36	20
5	蒸留水	0.20	40	センター保有	42	16
6	硫酸鉄溶液	0.16	40	宮城野	42	16
7	蒸留水	0.20	40	宮城野	36	16
8	硫酸鉄溶液	0.16	40	センター保有	36	16
9	蒸留水	0.20	20	宮城野	42	20
10	硫酸鉄溶液	0.16	20	センター保有	42	20
11	蒸留水	0.20	20	センター保有	36	20
12	硫酸鉄溶液	0.16	20	宮城野	36	20
13	硫酸鉄溶液	0.20	20	宮城野	42	16
14	蒸留水	0.16	20	センター保有	42	16
15	硫酸鉄溶液	0.20	20	センター保有	36	16
16	蒸留水	0.16	20	宮城野	36	16

3.3 ポリフェノール含量が最大となる製法の検討

3.2で抽出した2要因(浸漬溶液、発酵時間)について、浸漬溶液の濃度を3通り(10 mM/50 mM/100 mM 硫酸鉄溶液)、発酵時間を3通り(18時間/20時間/22時間)に振り分け、9通りの製造条件で納豆を試作した。その後、納豆の総ポリフェノール含量を測定して、総ポリフェノール含量が最大となるときの製造条件を高ポリフェノール製法とした。

3.4 高ポリフェノール製法における納豆製造工程でのポリフェノール含量の測定

3.3で確定した高ポリフェノール製法で納豆を製造し、3.1と同様に回収して処理した原料大豆、吸水豆、煮豆および納豆のポリフェノール含量を測定した。

3.5 統計解析

統計解析はJUSE-StatWorks/V5(株式会社日本技研製)を用いた。各要因の比較はStudentのt検定により行い、有意水準は $P < 0.05$ にした。

4. 研究結果と考察

4.1 標準製法における納豆製造工程での総ポリフェノールの消長の把握

標準製法での納豆製造工程における各試料の総ポリフェノール含量は、浸漬工程(吸水豆)で微減するものの、蒸煮(煮豆)および発酵工程で増加して、納豆では 1.81 ± 0.09 mg/gを示した。

4.2 納豆中ポリフェノール含量への影響が大きい要因の抽出

製造工程のうち6要因を変更したときの納豆中の総ポリフェノール含量を図2に示した。

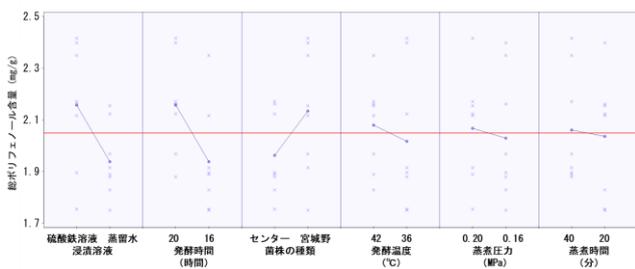


図2 納豆製造工程の各要因を変更したときの納豆の総ポリフェノール含量
図中央の赤線は総平均を表す。

図2の結果、浸漬溶液では10 mM 硫酸鉄溶液への浸漬 ($P=0.002$)、発酵時間では発酵20時間 ($P=0.002$)、菌株の種類では宮城野株使用 ($P=0.008$) の条件で、総ポリフェノール含量が多かった。

以上より、総ポリフェノール含量への影響が特に大きい2要因は、浸漬溶液および発酵時間であることがわかった。

4.3 高ポリフェノール製法の検討

上述の2要因として、硫酸鉄溶液濃度、発酵時間を変更したときの納豆中の総ポリフェノール含量を、図3に示す。納豆中の総ポリフェノール含量は、発酵18時間、20時間、22時間のいずれも10 mM 硫酸鉄溶液への浸漬時、また10 mM、50 mM、100 mM 硫酸鉄溶液のいずれも、発酵20時間の条件で高い傾向を示した。さらに、各要因のP値は硫酸鉄溶液濃度 ($P=0.055$) および発酵時間 ($P=0.06$) とも非常に低かった。

以上より、高ポリフェノール製法を、図4のとおり決定した。

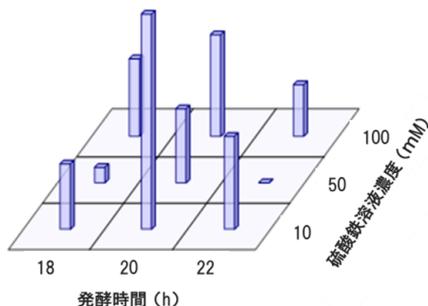


図3 硫酸鉄溶液濃度および発酵時間を変更したときの納豆の総ポリフェノール含量

浸漬：25℃、16時間(10mM FeSO₄水溶液)
 蒸煮：0.18MPa、30分
 発酵：39℃、20時間(相対湿度90%)
 20℃、2時間(相対湿度50%)
 熟成：5℃、一晚

図4 納豆の製造条件 (高ポリフェノール製法)

4.4 高ポリフェノール製法における納豆製造工程でのポリフェノール含量の測定

高ポリフェノール製法と通常製法での吸水豆、煮豆、納豆工程の総ポリフェノール含量の相対比を、図5に示す。このとき、原料大豆の総ポリフェノール含量を基準とした。高ポリフェノール製法での各試料の総ポリフェノール含量は、通常製法と同様、浸漬工程で微減するものの、蒸煮および発酵工程で増加し、黒大豆納豆では 2.60 ± 0.19 mg/gを示した。

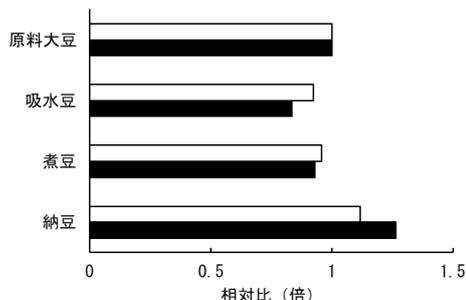


図5 原料大豆に対する吸水豆、煮豆、納豆の総ポリフェノール含量の相対比

□:通常製法、■:高ポリフェノール製法 (n=3)

試算した結果、高ポリフェノール製法を用いて製造した納豆は、通常製法を用いて製造した納豆に比べて、総ポリフェノール含量が13%増加することがわかった。

5. まとめ

1. 有色素大豆 (黒大豆) 納豆の製造工程におけるポリフェノールの消長を明らかにした。
2. 黒大豆納豆における総ポリフェノール含量への影響が特に大きい2要因が、浸漬溶液および発酵時間であることを見出した。
3. 通常製法を用いて製造した納豆と比較して、総ポリフェノールを13%多く含む納豆の製造が可能な高ポリフェノール製法を開発した。

6. 今後の課題

納豆の品質に影響する他の要因効果 (大豆品種、浸漬温度等) を併せて調査することで、ポリフェノールをより多く含む納豆を製造できる可能性がある。今後も納豆連会員企業のニーズに応じて研究を進めていく。

7. 参考文献等

- 1) 総ポリフェノール分析法. 一般社団法人食品需給研究センター 食品機能性評価マニュアル (IV) URL: <http://fmrict.or.jp/ffd/ffmanual/manual140111.pdf> (2023年3月確認)
- 2) 須田郁夫、沖 智之、西場洋一他. 沖縄県産果実類・野菜類のポリフェノール含量とラジカル消去活性. 日本食品科学工学会誌. 52, 462-471 (2005)
- 3) 笹原浩幸. 黒大豆を用いた味噌におけるアントシアニンの推移と抗酸化性. 日本醸造協会誌. 105, 79-87 (2010)