豆乳のフレーバーに及ぼす温水処理の影響

大村芳正*・武知博憲*

Effect of Hot Water Treatment on Flavor of Soymilk

Yoshimasa OMURA* and Hironori TAKECHI*

* Tokushima Prefectural Food Research Institute, 2-41, Akui-cho, Tokushima-shi, Tokushima 770

The production of soymilk reduced in beany flavor was investigated through a treatment process in hot water. After soaking, hulled soybeans were immersed in hot water adjusted to 70°C for 5 min before grinding. By this treatment, the content of *n*-hexanal in soymilk was reduced to 1% of that in untreated one and, as a result, almost no beany flavor was felt organoleptically. Further, the recovery of the solid of the soymilk was about 90% of that of the untreated one. Under the hot water treatment conditions, among the enzymes participating in beany flavor, lipoxygenase retained its activity but hydroperoxide lyase was almost inactivated. (Received Dec. 27, 1988)

豆乳は古くから優れた栄養飲料として利用されてきた。豆乳飲料の製造で、技術的に最も重要な部分は、脱臭とタンパク質抽出の技術とされ、その優劣が豆乳の品質に大きな影響を与えている¹⁾。市販豆乳の大豆臭除去技術は、一般的に蒸気・熱水による高温処理を行い、ほぼ完全に大豆臭に関与する酵素リポキシゲナーゼ失活法を採用している²⁾。しかしながら、過度の加熱処理は大豆タンパク質の変性・不溶化を招くために、微細磨砕等による強制分散の工程を必要としている。そこで、リポキシゲナーゼ欠損大豆の育種³⁾、機械力によるリポキシゲナーゼ失活法⁴⁾も検討されている。ところで、中小規模の豆腐製造企業では既存の設備を活用でき、しかも大豆臭の少ない豆乳の簡易製造法の確立が求められている。そこで、本報では比較的温和な温水浸漬処理に伴う大豆臭の低減及びそれに関与する酵素活性の変化について検討

した。

1. 実験方法

(1) 試料の調製

脱皮大豆(昭和60年産、徳島フクユタカ)を20°Cで3時間水に浸漬後、所定温度の温水中に浸漬した。直ちに冷却後、吸水した水を含めて原料大豆の7倍になるように加水した。続いてホームミキサーで2分間磨砕し、沸騰後3分間加熱した後、遠心型ろ過器により豆乳を調製した。乳鉢ですりつぶし、ガーゼでろ過することによって酵素活性分析用試料を調製した。

(2) *n*-ヘキサナールの測定

60 ml のバイアルビンに豆乳 30 ml を入れて密封し、35°C の恒温水槽にて 30 分間振とうした後、ガスサンプラー用シリンジでヘッドスペースを 5 ml 採取してガスクロマトグラフィー (GC) 分析した。内部標準物質としてカブロン酸エチルを用いた。GC 分析条件は前報⁵⁾に準じた。

(3) リポキシゲナーゼ活性の測定

前報⁵⁾に従って、L-1, L-2, L-3 活性を測定した。

(4) ヒドロパーオキシド (HPO) リアーゼ活性の測定

畑中らの方法⁶⁾に準じ、0.6 mM 13-L-hydroperoxy-cis-9, trans-11-octa decadienoic acid (LAHPO) を基質とし、生成する *n*-ヘキサナール量を測定した。

(5) 豆乳固形分

豆乳 10 g を磁製皿にとり、湯浴上で乾燥後 105°C で 2 時間加熱乾燥して重量を測定し、原料大豆乾物当たりの抽出率 (%) として表示した。

(6) 豆乳窒素量

豆乳 5 g の窒素量をケルダール法で測定し、原料大豆乾物当たりの抽出率 (%) として表示した。

(7) 溶出固形分

前報⁵⁾に従って測定した。

2. 実験結果及び考察

大豆タンパク質の加熱変性は溶液中において 70~80°C で著しい変化をし、凝集して沈澱をはじめる⁷⁾。そこで、大豆タンパク質の加熱変性が比較的ゆるやかと考えられる 60~70°C 温水中に脱皮大豆を浸漬処理して調製した豆乳の大豆臭の変化を調べた。Fig. 1 に温水処理に伴う豆乳の *n*-ヘキサナール量の変化を示した。*n*-ヘキサナール量は未処理との相対値で表示した。60°C 処理では 20 分保持においても、*n*-ヘキサナール量に変化がみられなかった。65°C では 10 分保持で、*n*-ヘキサナール量が未処理の 10% となり、以後ゆるやかに減少

* 徳島県食品加工試験場 (〒770 徳島県徳島市鮎喰町 2-41)

Fig. 1 Changes in *n*-hexanal formation in soy milk by hot water treatment

○—○: 60°C, ●—●: 65°C, △—△: 70°C

Fig. 2 Biosynthetic pathway for hexanal derived from linoleic acid

した。70°Cでは n -ヘキサナール量に急激な減少がみられ、5分保持で1%となった。官能検査の結果、未処理と60°C処理の豆乳において大豆臭を強く感じたが、65°C、10分保持では少し感じる程度となり、70°C、5分保持ではほとんど感じられなかった。

以上の結果、65°C～70°Cの温水処理により、大豆臭の主成分と考えられている n -ヘキサナールの生成が抑えられ、官能的にも同様の結果が得られた。すでに浅野ら⁹⁾が指摘しているように、大豆臭の点からは、従来のリポキシゲナーゼの失活を考慮した80°C以上の加熱条件を必ずしも必要としないと推察された。

酵素作用によるリノール酸からの n -ヘキサナールの生成経路は、Fig. 2のように考えられている⁹⁾¹⁰⁾。先に

Fig. 3 Changes in lipoxygenase and HPOlyase activities in soybean seeds during hot water treatment

○—○: 60°C, ●—●: 65°C, △—△: 70°C

豆乳の n -ヘキサナールが65～70°Cの温水処理で著しく減少することを示した。このことは、 n -ヘキサナール生成に関与する酵素の熱変性を示唆している。そこで、脱皮大豆を60～70°Cの温水中に浸漬処理した際のリポキシゲナーゼ及びHPOリアーゼ活性の変化をFig. 3に示した。60°C処理では20分保持においても、3種のリポキシゲナーゼ活性にほとんど変化がみられなかった。 n -ヘキサナール相対量が10%に減少した65°C、10分保持において、L-1, L-2, L-3活性は各々、未処理の活性に比べて、80, 61, 59%を示した。この程度の活性低下は大豆種子品種間のリポキシゲナーゼ活性の範囲内であり⁹⁾、 n -ヘキサナール量及び大豆臭減少の直接要因とは考えにくい。さらに、 n -ヘキサナール相対量が1%に減少した70°C、5分保持でも、L-1, L-2, L-3活性は各々58, 16, 15%の残存活性を示した。このことから、リポキシゲナーゼ活性はある程度残存しているため、 n -ヘキサナール生成の基質となるLAHPOは相当生成されていると推察された。

HPOリアーゼ活性の変化は、60°C処理では時間と共にゆるやかに減少する程度であった。しかし、65°Cでは5分保持で未処理の活性に比べて16%、10分保持では10%以下となり、70°C、5分保持ではほぼ失活した。

Table 1 Changes in solid and nitrogen extractability of soymilk during hot water treatment

Temperature (°C)	Solid extracted (%)	Nitrogen extracted (%)
Unheated	68.6	77.8
70	61.0	69.6
80	52.8	58.4
90	36.9	40.5

Treated time : 5 min

このように、HPO リアーゼはリボキシゲナーゼに比べて、熱抵抗力が弱かった。このことから、65~70℃での処理条件では、リボキシゲナーゼ活性は低下するものの、LAHPO は生成される。しかしながら、LAHPO を分解する酵素 HPO リアーゼが熱に比較的弱く、活性の低下が著しいために、*n*-ヘキサナールの生成が抑制されていると推察された。

大豆臭の抑制のための加熱処理が大豆の貯蔵タンパク質の不溶化を進めるため、豆乳収率の低下が問題となっている。そこで、温水で浸漬処理した際の豆乳収率について調べた。その結果を Table 1 に示した。豆乳固形分抽出率は処理温度が高くなるに従い抽出率が低下した。しかし、70℃、5分処理では従来の 80℃ 以上処理と異なり豆乳固形分の損失が未処理の 10% 程度であった。豆乳固形分抽出率の低下原因については、浸漬中の溶出固形分の増大と大豆タンパク質の熱変性に伴う豆乳窒素の低下が考えられる。70, 80, 90℃ で各 5 分保持の溶出固形分は各々 1.5, 1.9, 2.3% であり、豆乳収率に大きな影響を与える程ではなかった。豆乳窒素抽出率は豆乳固形分抽出率と同様の低下傾向を示し、豆乳収率の低

下に大きく関与していると考えられた。

3. 要 約

脱皮大豆を 60~70℃ の温水で浸漬処理することによって、大豆臭の少ない豆乳の製造法を検討し、次の結果を得た。

脱皮大豆を水浸漬後、磨砕する前に 70℃ の温水に 5 分間浸漬した。この処理により、豆乳の *n*-ヘキサナール量は未処理の 1% に減少し、官能による大豆臭はほとんど感じられなくなった。また、豆乳固形分の損失は未処理の 10% 程度であった。この温水処理条件では、大豆臭に関与する酵素のうち、リボキシゲナーゼ活性は残存したが、ヒドロパーオキシドリアーゼ活性はほとんどみられなかった。

文 献

- 1) 北爪 潔: 食品工業, **23** (14), 27 (1980).
- 2) 北爪 潔: ジャパンフードサイエンス, **23** (3), 24 (1984).
- 3) 喜多村啓介: 日食工誌, **31**, 751 (1984).
- 4) EDIRIWEERA, N., AKIYAMA, Y. and SAIO, K.: *J. Food Sci.*, **52**, 685 (1987).
- 5) 大村芳正・秋山美展・斎尾恭子: 日食工誌, **33**, 653 (1986).
- 6) HATANAKA, A., KAJIWARA, T., SEKIYA, J., IMOTO, M. and INOUE, S: *Plant Cell Physiol.* **23**, 91 (1982).
- 7) 山内文男: *New Food Industry*, **23** (4), 27 (1981).
- 8) 浅野三夫・大久保一良・山内文男: 日食工誌, **36**, 318 (1989).
- 9) 関谷次郎: 農化, **59**, 1161 (1985).
- 10) MATOBA, T., HIDAKA, H., KITAMURA, K., KAIZUMA, N. and KITO, M.: *J. Agric. Food Chem.*, **33**, 856 (1985).

(昭和 63 年 12 月 27 日受理)