

牛乳を原料とした凍り豆腐製造法の検討

指導教員 北村 豊

荒木 拓也 (200410817)

1. 背景・目的

2006年3月、生産過剰を理由に主な産地である北海道・九州で牛乳の大量廃棄が行われ問題となった。現在も消費拡大への模索がなされているが、余剰の牛乳は今後も増加することが予想されている。そこで、新規乳製品を開発することで、牛乳の利用拡大を図ることが期待されている。ところで、これを考案する上で助けになるのが、牛乳と類似した食素材である豆乳の加工である。例えば、ヨーグルト・アイス・チーズ・豆腐はどちらの原料からも製造され、一部は商品化されている。しかし牛乳を原料とする凍り豆腐の製造について検討された事例は見当たらない。そこで本研究では、牛乳を原料とする凍り豆腐製造法を確立することを目的とし、ここでは脱脂乳の凝固特性について検討を行った。

2. 実験方法

実験1：前処理・凝固条件の検討

脱脂粉乳を用いてタンパク質溶液(約3.0, 4.5, 6.0, 7.5%)10gを調製した。これに酸性凝固剤であり絹ごし豆腐に使用されるグルコノデルタラクトン(GDL:0.1, 0.2, 0.3, 0.6, 0.9%)を加え、よく攪拌した。その後、約80℃の恒温水槽に1時間浸すことにより加熱した。加熱の終わった試料溶液は直ちに常温の水に浸漬させ冷却し、ゲル生成の有無を観察した。

実験2：冷凍前・解凍後のGDLゲルの硬さ測定

タンパク質濃度約3.0%、GDL添加量0.3%の条件でゲルを作成し冷凍(-12.5℃, 一昼夜)を行った。解凍後のゲルの表面の硬さ(H1)、全体の硬さ(H2)を測定し歯ごたえ(H2/H1)を求めた。硬さの測定には、レオメーター(直径12.7mmのプランジャー)を用いた。

3. 結果と考察

実験1

GDLにより試作したゲルは、絹ごし豆腐と同様に「ゆ」(上澄み)がほとんどなく、溶液全体が凝固したものであった。タンパク質濃度が高くなるにつれて、凝固に必要なGDL添加量が多くなった(表1)。

表1 タンパク質濃度・GDL添加量と凝固の有無の関係

GDL(%)	0.1	0.2	0.3	0.6	0.9
タンパク質濃度 約3.0%	×	○	○	○	○
タンパク質濃度 約4.5%	×	×	○	○	○
タンパク質濃度 約6.0%			×	○	○
タンパク質濃度 約7.5%			×	×	○

○:凝固 ×:凝固せず

実験2

冷凍前の硬さは、一般的な絹ごし豆腐(H2で約0.4 N/cm²といわれている)よりも小さく、また冷凍・解凍後

のH1、H2は低下した(表2)。断面を観察したところスポンジ状の組織になった様子は確認できなかった。

表2 GDLにより試作したゲルの硬さ

	H1 (N/cm ²)	H2 (N/cm ²)	H2/H1 (-)
冷凍前	0.06	0.11	1.8
冷凍・解凍後	0.01	0.05	5.0
市販凍り豆腐(湯戻し後)	3.40	17.85	5.5

解凍後H1、H2が低下した原因として、凝固剤の種類の影響を考えてみた。一般的に豆乳の場合、GDLにより試作したゲルは脆く割れやすい性質をもつといわれている。そのため、今回試作した脱脂乳においてもGDLを用いたため、脆く割れやすいゲルになり、氷結晶の成長によってゲルが割れた可能性が考えられる。

一方、一般的に豆乳の場合、CaCl₂により試作したゲルは、GDLゲルに比べ割れにくい性質を持つといわれている。そこで塩化カルシウム(CaCl₂)に凝固剤を変え、圧搾してゲルを成形する方法を試みた。

4. 実験方法

実験3：冷凍前・解凍後のCaCl₂ゲルの硬さ測定

溶液(80℃)にCaCl₂0.13%を加え、凝固させた。ゲルは圧搾・成形し、常温の水に浸漬させ冷却後、冷凍庫(-12.5℃, 一昼夜)で凍結させた。

5. 結果と考察

実験3

冷凍後・解凍後、H1、H2、H2/H1は上昇した(表3)。断面を観察したところスポンジ状の組織になった様子は確認できなかった。実験2に比べ、H1、H2が高いのは、圧搾してゲルを成形したためだと考えられる。しかし、市販の凍り豆腐(湯戻し)と比べるとH1、H2、H2/H1は低く、十分なゲル強度は得られなかった。

表3 CaCl₂により試作したゲルの硬さ

	H1 (N/cm ²)	H2 (N/cm ²)	H2/H1 (-)
冷凍前	1.32	2.17	1.6
冷凍・解凍後	1.55	6.19	4.0
市販凍り豆腐(湯戻し後)	3.40	17.85	5.5

6. まとめ

今回、酸性凝固剤(GDL)と塩凝固剤(CaCl₂)からそれぞれゲルを作成し、冷凍・解凍した。CaCl₂ゲルでは、冷凍・解凍後のゲルの硬さは上昇した。今後、スポンジ状の組織が形成されるようCaCl₂を用いたゲルについて、前処理・凝固の条件を検討する必要がある。