

# 玄米による豆乳の凝固について

班員 池島 梨紗、善端 佑太、二俣 真、山田 万尋  
担当教員 山本 峻

キーワード：玄米、豆乳、乳酸菌、マグネシウム

It is known that yogurt can be made by putting brown rice into soymilk. It is written here that "yogurt can be made by lactic acid bacteria which exists on brown rice". However, it does not describe the details of the mechanism of the coagulation. Therefore, in our research, we aimed to reveal the mechanism.

## 1 研究の動機及び目的

豆乳に玄米を入れるとヨーグルトができることが知られている。<sup>1)2)</sup>ここには玄米に存在する乳酸菌によって豆乳が凝固することによりヨーグルトができると書かれている。しかし、凝固する仕組みの詳細については書かれていない。

そこで、玄米により豆乳が凝固する仕組みを明らかにすることを目的に本研究を行った。

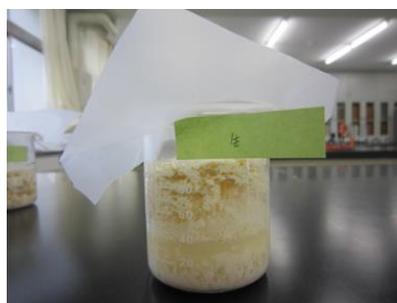


図2 作成した凝固物 (46時間経過)

## 2 研究方法と結果

### 実験Ⅰ 凝固の確認

滅菌したビーカーに豆乳 60mL と玄米 5g を入れてインキュベーター内 (25℃) に入れ、凝固するか調べた。

### 結果

22 時間で豆乳が凝固し、次のような事が観察された。

- ・凝固物は豆腐のような硬さであった
- ・凝固物は数日間放置すると変色した
- ・凝固物を水に入れて攪拌したがとけなかった



図1 作成した凝固物 (22時間経過)

### 実験Ⅱ 凝固の要因を調べる (乳酸菌)

仮説 豆乳は玄米に存在する乳酸菌により凝固する。

仮説が正しいとすると、次の4つの現象を見ることができると考えられる。そこで、これらについて調べた。

- ① グラム染色を行うと陽性を示す菌が存在する。  
(乳酸菌はグラム陽性菌である。)
- ② 加熱すると死滅する。(豆乳が凝固しない)
- ③ 作成したヨーグルトを株分けすることにより新たなヨーグルトを作成できる。
- ④ 乳酸菌を生成する。

### 実験Ⅱ-1

目的 グラム陽性菌が存在するか調べる。

方法 豆乳 30mL に玄米 2g を加えて作成した凝固物にグラム染色を行った。

結果 グラム陽性菌が存在した。

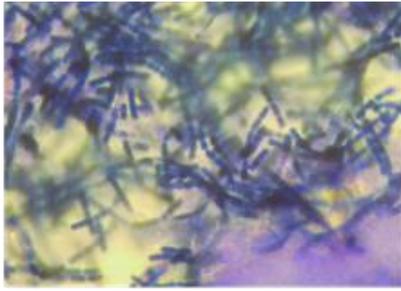


図3 グラム染色を行った凝固物

実験Ⅱ-2

目的 加熱すると乳酸菌が死滅するか（豆乳が凝固しないか）調べる。

方法 オートクレーブに 120°C20 分入れて滅菌した玄米 2g を豆乳 30mL に入れ、凝固するか調べた。

結果 豆乳は凝固しなかった。

実験Ⅱ-3

目的 作成した凝固物を別の豆乳に加えても凝固するか調べる。

方法 豆乳 30mL に玄米 2g を入れて作成した凝固物（1g、2g、4g）を加え、22 時間後、凝固するか調べた。

結果 22 時間で豆乳が凝固した。

表 1 凝固の有無

加えた凝固物(g)	0	1	2	4
凝固の有無	-	+	+	+

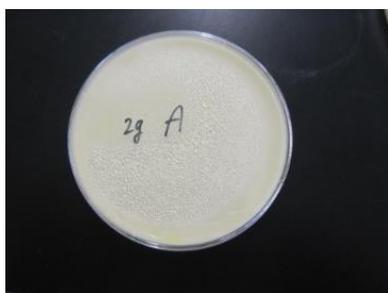


図4 凝固物 2g を加えた豆乳

実験Ⅱ-4

目的 乳酸が生成されているか（pH が下がっているか）調べる。

豆乳の pH は 6.75、等電点は 4.5 付近<sup>3)</sup> であることから、乳酸による凝固が起きているならば pH は 4.5 付近であることが予想される。

方法 豆乳 30mL に、玄米 2g、市販の乳酸菌（フジコカスピ海ヨーグルト）0.3g、糖 2g をそれぞれ加え、入れた直後と凝固時の pH を測定した。なお、試料を入れた直後の pH はどれも 6.75 で、もとの豆乳と同じであった。

結果 豆乳に玄米と糖を加えたものは pH が 6.5 付近で凝固し、市販の乳酸菌を加えたものは pH が 4.9 付近で凝固した。

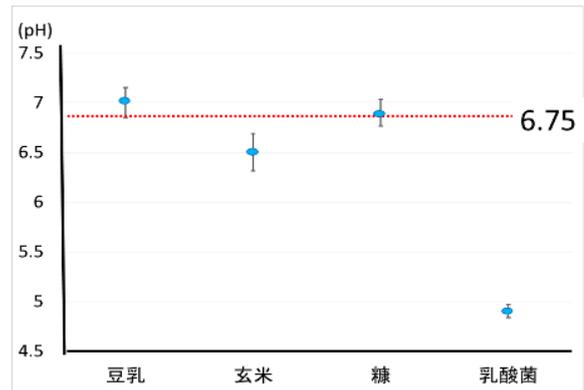


図5 各試料を加えた豆乳の凝固時の pH



図6 玄米 2g を加えた豆乳

実験Ⅱの考察

実験Ⅱ-1～3の結果は豆乳が乳酸菌により凝固しているという仮説を裏付けるものである。しかし、実験Ⅱ-4の結果は、豆乳が乳酸菌により凝固しているという仮説に反する結果となった。そのため、玄米を豆乳に入れたときに起こる凝固には乳酸菌以外にも関与していると考えられる。

実験Ⅲ 凝固の要因を調べる（マグネシウム）

仮説 豆乳は玄米に含まれるマグネシウムにより凝固する。

実験Ⅰ観察事実にあるように凝固物が豆腐のような硬さであったことから、玄米に含まれる二価の金属イオンが凝固の要因の一つではないかと予想した。

表2 玄米に含まれる二価の金属イオン<sup>4)</sup>

二価の金属	玄米 100gの含有量(mg)
マグネシウム	110mg
カルシウム	9mg
亜鉛	1.8mg

実験III-1

目的 塩化マグネシウムで豆乳が凝固するのかを調べる

方法 塩化マグネシウム (4mg、20mg、100mg) を豆乳 30mL に入れ、凝固するか調べ、凝固時の pH を測定した。また、豆乳にマグネシウムを加えると pH6.0 付近で凝固することが知られている<sup>5)</sup>。

結果 塩化マグネシウムに含まれるマグネシウムが 25mg 未満では一部凝固し、25mg では完全に凝固した。

表3 凝固の有無

加えた MgCl <sub>2</sub> (mg)	0	4	20	100
含まれる Mg 量 (mg)	0	1	5	25
凝固の有無	—	±	±	+
pH	6.9	6.7	6.9	5.7



図7 塩化マグネシウム 4mg を加えた豆乳

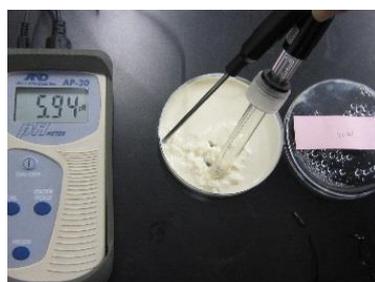


図8 塩化マグネシウム 100mg を加えた豆乳

実験III-2

目的 玄米に含まれるマグネシウムで豆乳が凝固するのかを調べる

方法 オートクレーブに 120℃20 分入れて滅菌した玄米(2g、10g、15g)を豆乳 30mL に入れ、凝固するか調べ、凝固時の pH を測定した。

結果 玄米に含まれるマグネシウムが 2mg では豆乳は凝固しなかったが、それより多い量では凝固した。

表4 凝固の有無

加えた滅菌した玄米 (g)	0	2	10	15
含まれる Mg 量(mg)	0	2	10	15
凝固の有無	—	—	+	+
pH	7.1	*	5.9	6.0

\*測定せず



図9 滅菌した玄米 15g を加えた豆乳

実験IIIの考察

オートクレーブに入れ滅菌した玄米に含まれるマグネシウムで豆乳は凝固したため、マグネシウムも凝固の要因の一つであるといえる。

3 考察

玄米を豆乳に入れると豆乳が凝固するという現象は豆乳の pH が等電点に達していないため、乳酸菌のみで凝固しているとは考えにくい。また凝固の要因として玄米に含まれるマグネシウムの関与も考えられる。

4 結論

玄米による豆乳の凝固は、乳酸菌による凝固と玄米に含まれているマグネシウムによる凝固が複合的に組み合わさった現象である。

## 5 参考文献

- 1) 栗生隆子・さとうみつろう・光岡知足  
(2015) 豆乳グルグルヨーグルトで腸美人！マキノ出版
- 2) TGG ヨーグルト同好会  
<https://www.facebook.com/groups/721334441212364/> 参照 2018-1-21
- 3) 大塚電子株式会社  
<https://www.otsukael.jp/appcase/detail/cas/eid/20> 参照 2018-1-21
- 4) 文部科学省 科学技術・学術審議会資源調査分科会報告(2010) 日本食品標準成分表
- 5) 渡辺篤二・阿部和可(1962)  
各種酸類および塩類による豆乳の凝固について  
日本食品工業学会誌 第9巻 第4号