ヨーグルトメーカーで求めるの固さのヨーグルトを作るには

松本　彩芽

要旨

ヨーグルトメーカーでヨーグルトを作成する際に、材料の牛乳の乳脂肪分の高さが違うことによる固さが違いがあったため、乳脂肪分の高いもので作成した場合の粘度が低くできてしまうものに対して、何か加えることで粘度を上げることができないか考えたところ、乳糖と乳酸菌によって作成される乳酸の数を増やすために、ヨーグルトを塩基にすればよいと考えられ、乳脂肪分が高い牛乳を用いて重曹を加えたところ、何も加えない時よりは粘度が高くなると考えられる結果が出た。よって、pH 濃度がヨーグルト作製の際の固さに何らかの関係があるのではないかと考えられる.

キーワード：ヨーグルト、ヨーグルトメーカー、乳脂肪分、牛乳

Ⅰ. はじめに

現在、ヨーグルトを家庭で作成できるヨーグルトメーカーが多く販売されており、牛乳とヨーグルトがあれば手軽に作成できる。

そもそも、ヨーグルトを作る仕組みは、牛乳とヨーグルトを混ぜることで、ヨーグルトに含まれる乳酸菌によって、牛乳に含まれる乳糖から乳酸が生成されて、その乳酸によって牛乳が酸性化することによって、牛乳に含まれるカゼインというタンパク質が変性してゲル状になる。

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 4CH_3CH(OH)COOH$$

乳糖から乳酸への変化の化学反応式

牛乳の主要タンパク質であるカゼインは、通常マイナスの電荷を持って反発し合い、液体中に分散しています。しかし、乳酸発酵によって液体の pH が下がり、カゼインの等電点（pH 4.6）に近づくと、電荷が中和されて反発力が失われ、カゼイン同士がくっついて固まる。

ある時、自分の家でヨーグルトメーカーを利用してヨーグルトの作成をしてみたところ、完成したヨーグルトの粘度が違うことがあった。その中には市販と同じような固さのものもあれば、ほぼ液状だったものもあるので、何か自分で手を加えて粘度を自分で調整できるようにしたいと考えた。

ヨーグルトメーカーを作成している株式会社タニカのホームページには、材料である牛乳とヨーグルトの種類を変数として、いろんな組み合わせでヨーグルトを作成しているものがある。そこでは粘度に関して曖昧な評価しかなかった。本研究ではヨーグルトの粘度を数値化したいと思う。

そのヨーグルトメーカーで作成したものの粘度が材料の変更等によって異なることがわかったので、牛乳の種類を変えても、完成したヨーグルトの粘度が同じ粘度にするためも条件を見つけたい。

また、加藤ほか(2012)によると、乳脂肪分が高い牛乳の方がヨーグルト作成中において他の牛乳より pH が早く低くなることがわかっている。pH の変化と完成したヨーグルトの粘度の関係についても検証したい。

Ⅱ. 手法

1. 使用するもの

・牛乳（各 180g/1 回）

① おいしい牛乳(株式会社明治)
② 特濃(雪印メグミルク)
③ おいしい低脂肪乳(株式会社明治)
④ 小岩井無脂肪乳(小岩井乳業)

・ヨーグルト（各 20g/1 回）

ブルガリアヨーグルト(株式会社明治)

→ヨーグルトに関しては、条件を変えずにブルガリアヨーグルトを均一して使用した。

・ヨーグルトメーカー(株式会社タニカ)

→42℃ 8 時間で設定したもの

（ヨーグルトメーカーは、使用する前によく洗い、消毒を行う）

2. ヨーグルトの作成方法

① ヨーグルトの作成条件である 42℃ 8 時間に設定する。

② 付属の容器または 200ml ビーカーにヨーグルト 20g と牛乳を 180g 入れてガラス棒でよくかき混ぜる。
→牛乳の種類の組み合わせは実験ごとに変数として変える。

③ ヨーグルトと牛乳が均一に混ざったら、設定した機械にセットしスタートさせる。

④ 8 時間後に容器を取り出しガラス棒でよくかき混ぜる。

3. 粘度の測定方法

今回の実験での粘度の測定に関して、粘度計を使用することが困難だったので、アクリル板の片側をティッシュボックスのせ斜面を作り、完成したヨーグルト 10mL をピペットで斜面の上側に置き、広がった時の長さを測定し、その長さを粘度とした。その長さを比較することで材料による粘度の違いを調べた。

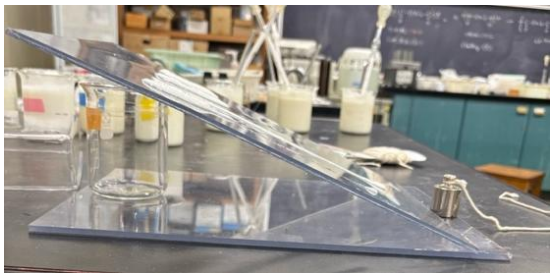


図 1 粘度の測定方法

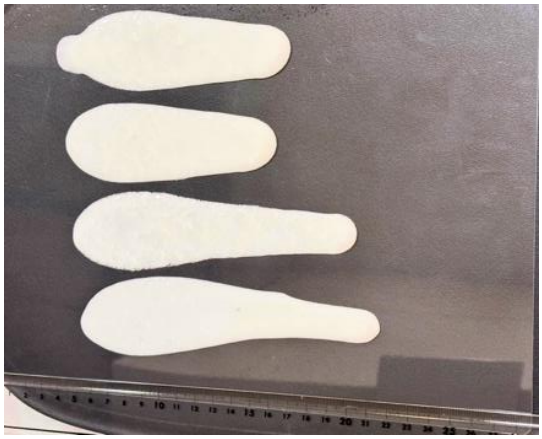


図 2 ヨーグルトを広げた様子

4. 比較条件

(1) 牛乳の種類による粘度の比較

牛乳①、牛乳②、牛乳③、牛乳④の 4 種類の牛乳の違いによる粘度の違いを調べた。

(2) ヨーグルトメーカーでの保温時間の違い

牛乳②を使用して、ヨーグルトメーカーで

・8h 保温したもの

・24h 保温したもの

・8h 保温後に一度冷蔵庫で冷やしたもの

の 3 つによる粘度の違いを調べた。

(3) pH を変えた時の粘度の比較(pH を下げる)

牛乳②を使用して、ヨーグルト作成方法②の際に下記のものを加えた。

・クエン酸 10g

・飽和酢酸ナトリウム水溶液 10mL

・ヨーグルト 10g

・何も加えない

できたヨーグルトの粘度の違いを調べた。

(4)pH を変えた時の粘度の比較(pH を下げる)

牛乳①を使用し、ヨーグルト作成方法②の際に下記のものを加えた。

・0.2mol/L NaHCO3aq 5mL

・0.2mol/L NaHCO3aq 10mL

1.0mol/L NaHCO3aq（飽和重曹水）5mL

・何も加えない

できたヨーグルトの粘度の違いを調べた。

III. 結果

(1) 牛乳の種類による粘度の比較

① 8h 保温したもの

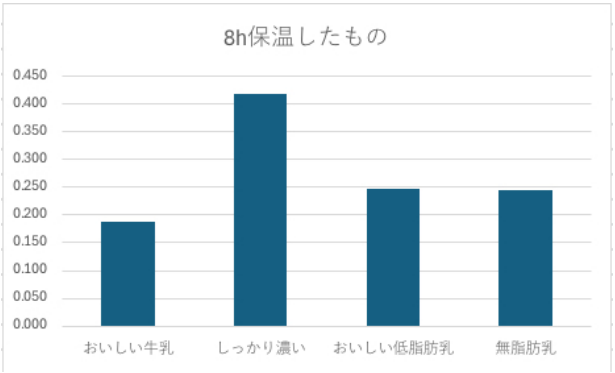


図 3 牛乳の種類による粘度の違い（8h 保温時）

牛乳②が 1 番粘度が弱く、牛乳①③④はほとんど同じ粘度であった。

② 24h 保温したもの

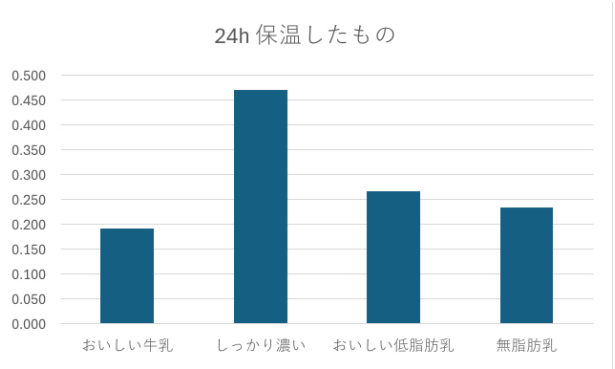


図 4 牛乳の種類による粘度の違い（24h 保温時）

グラフを見て分かる通り、(1)の実験と同じく牛乳②のみ粘度が弱かったことがわかった。

③ 8h 保温後に冷蔵庫で一度冷やしたもの

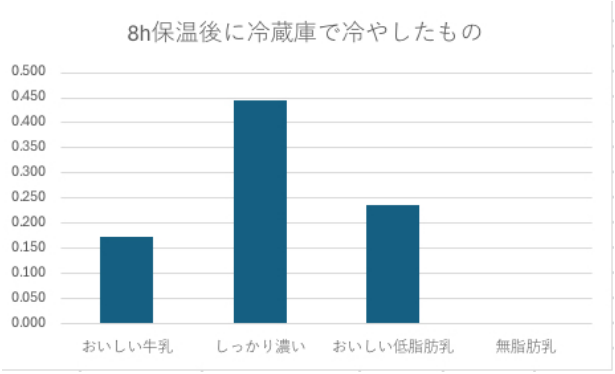


図 5 牛乳の種類による粘度の違い
(8h 後冷却時)

完成後に冷蔵庫で冷やした場合においても(1)(2)とあまり結果としては変わらず牛乳②飲み粘度が低いことがわかった。牛乳④に関しては乳せいとの分離がひどく計測できなかった。

(2) pH を変えた時の粘度の比較(酸を加えた場合)

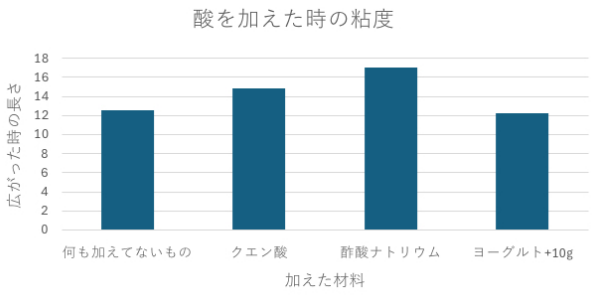


図 6 pH を変化させた時の粘度の違い(酸)

酸を加えたものは何も加えなかったものよりも粘度が下がってしまい、酸を加えても粘度を高めることは難しいことがわかる。

(3) pH を変えた時の粘度の比較(塩基を加えた場合)

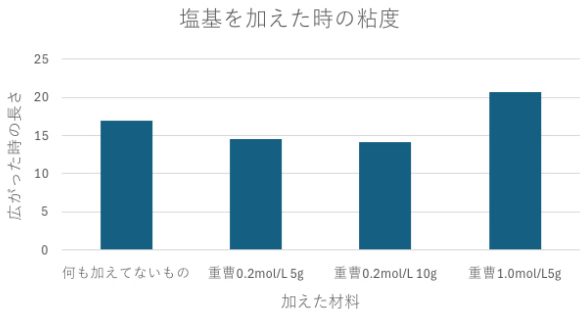


図 7 pH を変化させた時の粘度の違い(塩基)

塩基に関しては、重曹を加え過ぎたものは乳せいとの分離がひどく何も加えてないものより液体状になってしまった。しかし、重曹を僅かに加えたものに関しては、何も加えていない時よりも粘度が上がった。

IV. 考察

1. 牛乳の種類に関する粘度の変化について

加藤たち（2012）の報告から、乳脂肪分が高いもののほうが早く pH が下がることより、乳脂肪分が高いものであればあるほど早く固まるのではないかという仮説を立てた。しかし、(1)の実験より乳脂肪分が高くなっている牛乳②を用いたものが 1 番粘度が弱くなった。また、他の牛乳①③④に関してはほとんど同じ粘度となっていた。牛乳①③④に関して、乳せいとの分離の仕方は大きく異なっており、乳脂肪分が低いものであればあるほど乳せいとの分離しやすく、ヨーグルト内にだまが生じてしまっていた。

以上のことから、牛乳の種類を変えた場合、乳脂肪分が高いものは粘度が強くなりにくいということがわかった。また、乳脂肪分の大きさは完成したヨーグルト中のだまに関係しており、乳脂肪分が小さいものは分離しやすいためだまを作りやすく、乳脂肪分が高いものは乳せいとの分離しにくく液状が滑らかであった。

さらに今回牛乳の種類による粘度の違いを調べた際に、ヨーグルトメーカーでの保温時間が違うものを材料の条件一定で行ったが、それ

らの結果からは、完成したヨーグルトのアクリル板上での広がり具合は同じくらいであり、ヨーグルトメーカーにおける保温時間の長さはヨーグルトの粘度には大きく影響していないことがわかった。

2. 粘度が異なる牛乳の粘度を調整するためにはヨーグルトができる際に乳酸を作るので pH 濃度を調整したヨーグルトの粘度が変わるのではないかと考えたが、実験の結果より、酸を加えた場合は何も加えてないものと粘度が大きく変わらないことから、pH 濃度を低くする変化させてもあまり粘度の調整にはならないことがわかった。

逆に塩基を加えた時、飽和した重曹を加えたものは分離が激しく起こってしまったが、結果より 0.2mol/L のものであれば、少しだけ何も加えないものよりも粘度があることがわかった。

V. 結論

今回の実験では、材料の牛乳を変えた際に、粘度が変わってしまう場合に、調整して一般的な牛乳で作った際の粘度と同じくしたいと考えました。今回分かった粘度に変化が起こる条件は、

・作成時に使用する牛乳の乳脂肪分
・ヨーグルト作成時の pH 濃度が高さ

の２つが関係していることがわかった。

作成時に使用する牛乳の乳脂肪分によって変わり、普通の牛乳の乳脂肪分よりも高いと粘度が下がり、乳脂肪分が低いものではあまり粘度は変わらなかった。

また、乳脂肪分が高いものでは粘度が下がってしまったので、これを一般的な牛乳の粘度と同じくするために、pH 濃度を変化させた時に、重曹を加えたところ、濃度を高くして入れすぎてしまうと分離が激しく起こるが、何も加えずに作った時より少し粘度が上がった。

よって、材料の乳脂肪分が高くて粘度が下がってしまったものには、塩基を加えて pH の濃度を上げると粘度が少し上がり一般的な牛乳で作ったものの粘度に近づくと考えられる。

しかし、本実験で使用した重曹は少量なら食べても問題ないが、大量に食べることはできないため、今後、弱塩基で、たくさん食べても問題ないものを加えて pH 濃度を上げ、粘度が上げれるようにしていく必要があると考えられる。

また、他にも変数が多くあるため、粘度を変化させる条件をもっと探していくことができると思う。

謝辞

SSH 担当の小芝先生には、実験のサポートや、実験の方針の決定、変数の調整、器具の準備等、あらゆる方面でサポートをしていただきました。本当にありがとうございました。また、化学の先生方には、テーマ決定のところや、ポスターでの中間発表の際にはいろんなアドバイスをいただき、スムーズな研究のためのサポートをしてくださりありがとうございました。その他、発表を聞いてアドバイスをくれた方や、研究サポートをしてくださった皆様、本当にありがとうございました。

文　献

加藤良一、富樫悠、長根智洋、鈴木隆(2012):ヨーグルト作製の教材化. 山形大学 教職・教育実践研究

タニカ株式会社(2014～2025): TANICA 実験室. TANICA 公式ホームページ