

カゼインプラスチックの加熱温度と強度の関係

大阪府立四條畷高等学校



研究要旨

本研究は既存のプラスチックの代替品として、牛乳に酸を加え凝固させた生成物をカゼインプラスチックとし、その強度を向上させる研究を行った。私たちはタンパク質の熱変性に着目し、カゼインが変性する温度で加熱すると、強度の向上が見込まれるのではないかと考え、実験した。結果 10kg以上の強度の向上が見られた。

カゼインプラスチックとは

牛乳に含まれる**カゼインを等電点(pH4.6前後)において酸凝固させ** [1] 成形し、乾燥させた生成物を**カゼインプラスチック**とした。(図1)



図1.作成したカゼインプラスチック

研究背景

日本では多量の脱脂粉乳が廃棄されており[2]、プラスチックを作成することで食品ロスを削減しつつ、**環境問題にも貢献できるのではないか**。また、本校ではカゼインプラスチックの強度の向上を目指す実験が行われてきた。しかし完全に乾燥した状態で実験できず、測定した強度の値の正確性に疑問の残る内容であった。**→完全に乾燥した状態から実験し、強度の向上を引き続き目指すことはできないか。**

仮説

作成したカゼインプラスチックを完全に乾燥させたのち高温で加熱し、含まれるタンパク質を熱変性させると、**カゼインの構造が変化し、熱変性する100℃強の前後[2]で強度が向上する**のではないかと考えた。

実験手法

- (株)雪印メグミルクのスキムミルクを使用し、水300mLの脱脂粉乳を作成した。
- 作成した脱脂粉乳にクエン酸1.80gを加えpH4.6に調節し、タンパク質を酸凝固させた。(図2)
- 酸凝固させて析出したカゼインをガーゼで濾し取り、ホエー(上澄み液)とカゼインに分離した。
- カゼインを絞りさらにホエーと分離させ、約2.5cm×6.0cm×1.1cmの型にとり成形したものを複数個用意した。(図3)
- 50℃で4時間、90℃で2時間、それぞれ**乾燥を目的**に乾燥機を用いて加熱した後、90℃、100℃、110℃、120℃、130℃、160℃で**熱変性を目的**にそれぞれ4時間、乾燥機を用いて加熱した。
- クリップで各プラスチックを挟み、ポリバケツを吊るし水を加え、プラスチックが破断するまでにバケツに加えた**水の質量を曲げ強度の指標とし、曲げ強度の測定の実験を行った**。(図4)
→バケツ、ひも、フックの質量の合計は500g程度であった。



図2.酸凝固の様子

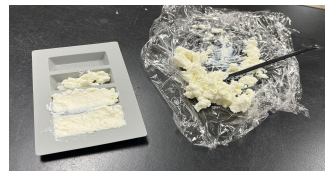


図3.濾し取って成形する様子



図4.曲げ強度の実験の様子

結果

- ①:実験を行った6個全てにおいて、**水10kg分までの曲げ強度が確認**できた。
→従来の実験での曲げ強度は手法に少々相違点があるものの最大でもり5kg程度であった。そのため今回の実験においては、従来と比較して**曲げ強度は大きく向上したといえる**。一方、**温度間の強度の差は測ることができなかった**。
- ②:加熱後に表面、内部ともに褐色に変化した(図5、6)



図5.100℃で加熱したものの表面が褐色に変化している



図6.120℃で加熱したものの100℃で加熱したものに比べさらに褐色に変化している

また、130℃、160℃で乾燥したものはその他のものに比べて下部が膨らみ、体積が増大した。

考察

結果①:10kgまでの曲げ強度が確認できた。

仮説の通り、牛乳に含まれる**カゼインなどのタンパク質が変性**し、強度が向上したのではないかと考える。

結果②:加熱後に褐色に変化した

一部生成物に残った還元糖のホルミル基(-CHO)がタンパク質のアミノ基(-NH₂)と反応し**メイラード反応**が起こったこと、**糖そのもの状態が変化**したことで褐色に変化したと考える。

結論

カゼインを完全に乾燥させ高温で加熱すると、**曲げ強度が向上した**。

今後の展望

JIS規格の**ダンベル6号型の試験片**を用いて、曲げ強度の測定を実験を行い、強度の差を調べる。褐色に変化した理由としてメイラード反応と糖の状態の変化を提示したが、それらについて検討する。

参考文献・引用文献

- [1].瀬戸泰幸(2023)「牛乳のタンパク質」,「オレオサイエンス第23巻第8号」,415-421
- [2].一般社団法人Jミルク2023,2024年度の生乳及び牛乳製品の需要見通しと課題について,2024年9月20日
- [3].坂上あき(2016)「チーズを科学する」,幸書房。