

異なる植物由来のデンプンの調理特性

研究背景・目的

デンプンには水を加えて加熱すると粘度が上がる「糊化」という性質があり、この性質は料理の「とろみづけ」に利用される。とろみづけには片栗粉やコーンスターチが用いられる。米粉も同じくデンプンを主成分としており、とろみづけに用いることができる。先行研究より、デンプンは起源となる植物によって糊化したときの性質が異なることが分かっている¹⁾。片栗粉やコーンスターチの代わりに、米粉を用いたときの「とろみ」の効果に興味を持った。

本研究では、片栗粉やコーンスターチの代替として米粉を使用したときに、**とろみの効果**がどのように変わるのか、また、米粉でのとろみづけはどのような料理に向いているのかを明らかにすることを目的とした。

<試料のアミロース含有率(%)>

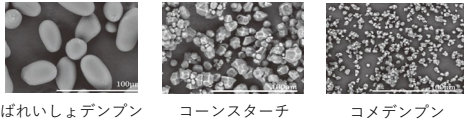
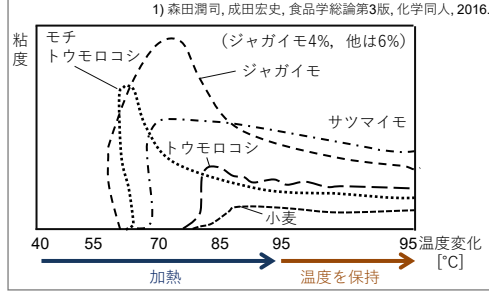
	アミロース含有率(%)	文献
米粉：ミルクイーン(京都府産)	7.3	3
	12.2	4
米粉：あさひの夢(栃木県産)	17.3	5
	19.1	6
米粉：北瑞穂(北海道産)	29.6	7
	30.4	8
片栗粉	20-22	9
コーンスターチ	21.0	9

<とろみづけ²⁾>

煮汁や汁物を水溶き片栗粉や小麦粉、コーンスターチなどでとろりと粘性ある状態にすること。

<各種デンプンのアミログラム¹⁾>

植物の由来の違いによって、デンプンの性質が異なる。アミログラムは、デンプンを加熱して糊化させたときの温度と粘度の関係を表すグラフで、縦軸に温度、横軸に粘度を取っている。



ばれいしょデンプン コーンスターチ コメデンプン

出典：農畜産業振興機構, https://www.alic.go.jp/joho-d/joho08_000165.html 食品加工食材としての各種でん粉, 最終閲覧2022年3月17日

実験

実験1 糊化液の冷め方の比較¹⁰⁾ とろみづけの効果の一つに、**保温性の向上**がある。そこで、冷め方の違いを温度の経時測定により確認した。

試料 6.0 g

- ← 水 194 g
- ガラス棒で攪拌
- 水浴で加熱 (80°C)
- 3%糊化液 200 g
- 25°C水浴中で静置
- 糊液の温度測定

▼加熱時の実験装置

▼温度測定時の実験装置

温度センサー カスタムCT621BT (分解能0.1°C, 温度精度±1°C)

温度計(データロガー)

実験2 糊化液の簡易粘度測定¹¹⁾ 糊化液の濃度と粘度の関係を調べるために、**ろうと法**で簡易的な粘度測定を行った。

試料 6.0 g

- ← 水 194 g
- ガラス棒で攪拌
- 水浴で加熱 (80°C)
- 3%糊化液 200 g
- 30 mLばかり取り
- ろうとに流す
- 流出時間を計測

▼粘度測定の自作装置

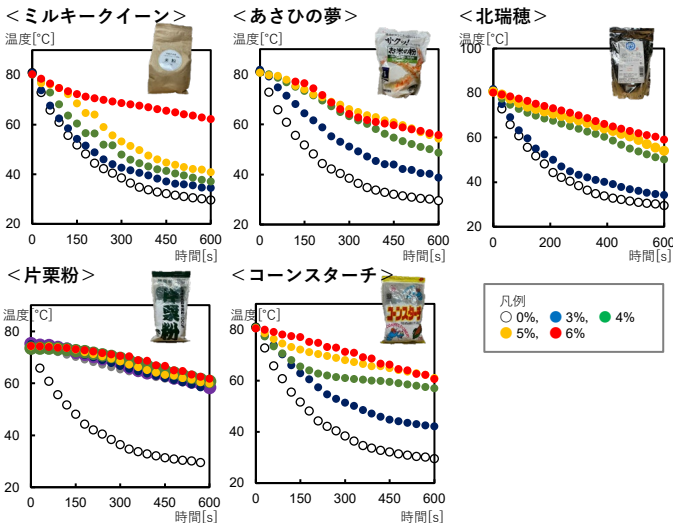
ろうとの口：60 mm
筒の中：14 mm
足の長さ：64 mm

流出時間：注入しはじめた瞬間から最後の液滴が落下してから2秒間液が落ちなくなったときまでの時間

結果と考察

結果1 糊化液の冷め方の比較

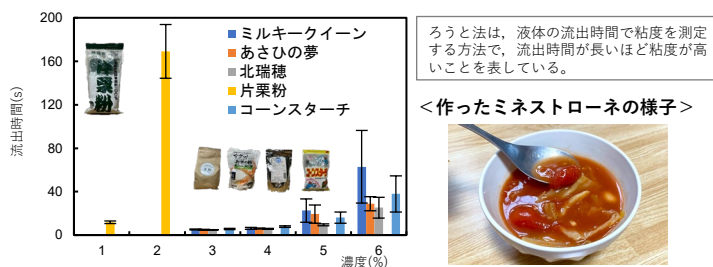
糊化液を25°C水浴中で静置したときの経過時間と温度の関係を比較した。



- いずれの試料も濃度を上げると冷めにくかったが、変化の仕方が異なっていた。デンプンが糊化したときの粘度の違いが冷め方の違いに影響したと考えられる。
- 米粉とコーンスターチは濃度が高くなるにつれて徐々に冷めにくくなっている。一方、片栗粉は濃度が低いときから高い保温性があった。
- 米粉の糊化液の冷め方は、コーンスターチに似ていた。これより、米粉はコーンスターチの代替として用いることができるのではないかと考えた。

結果2 糊化液の簡易粘度測定

糊化液の濃度と流出時間の関係を比較した。

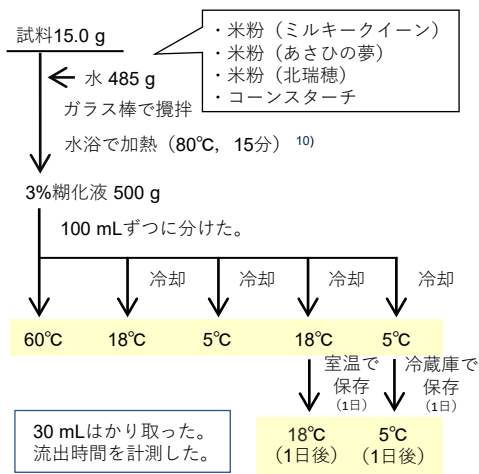


- いずれの試料も濃度が上がると流出時間が長くなった。そのため、糊化液の濃度が高くなるにつれて粘度が高くなっていることが分かった。
- 1%片栗粉の流出時間は、他の4~5%のときと同じ程度であり、濃度を2%に上げると米粉とコーンスターチの6%のときの流出時間よりも長くなった。これより、片栗粉の糊化液は米粉やコーンスターチよりも粘度が高いことが分かった。
- 米粉の流出時間を比べると、ミルクイーン、あさひの夢、北瑞穂の順番で高かった。コメ中のアミロース含有率が低いものほど流出時間が長くと考えた。

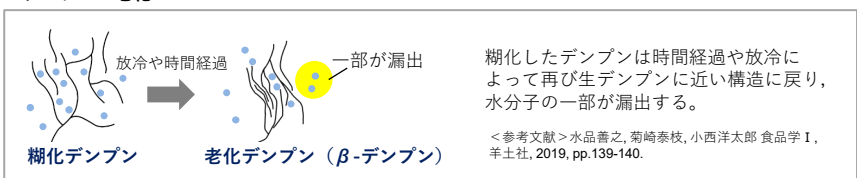
- 片栗粉はあんかけなどの高い粘性が必要な料理のとろみづけに使われる。一方、コーンスターチはスープなどの粘性が低めの料理のとろみづけに使われている。米粉の糊化液の性質は片栗粉よりもコーンスターチに似ていた。そのため、**米粉はスープのとろみづけに向いている**のではないかと考えた。
- 実際にミネストローネのとろみづけを米粉で行ったところ、1 Lの水に対し大きく2杯で十分なとろみがついた。

実験3 糊化液の簡易粘度測定

コーンスターチは冷めても粘度が下がらない性質を持っているため、ソースやカスタードクリームなど常温や冷やした料理のとろみづけにも利用されている。米粉も同様に常温や冷やした料理のとろみづけに利用できるかどうかを確かめたいと考えた。そこで、温度や保存時間を変え、ろうと法¹⁾で簡易粘度測定を行った。



<デンプンの老化>



先行研究

- デンプンの糊化液は温度を下げると粘度が上がる¹⁵⁾。
- 糊化したデンプンは放冷や時間経過によって老化し、固くなる¹⁵⁻¹⁶⁾。

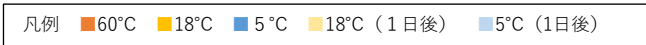
予想

- 温度を下げるほど、流出時間は長くなる。
- 同じ温度で流出時間を比べたとき、糊化液を冷やした直後より1日後のほうが流出時間が短くなる。

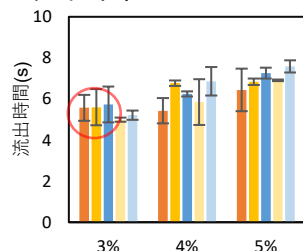


実験3 結果と考察

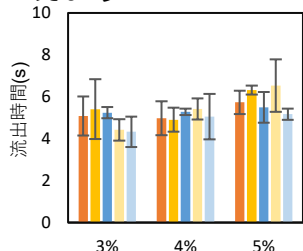
糊化液の温度と流出時間の関係を比較した。流出時間は3回測定した平均値で表した。



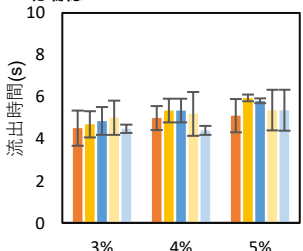
<ミルクイーン>



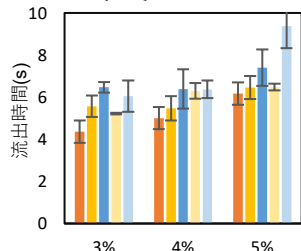
<あさひの夢>



<北瑞穂>



<コーンスターチ>



- コーンスターチの糊化液は温度を下げると流出時間が長くなった。すなわち、粘度が上がった。この現象は文献¹⁵⁾とも一致している。
- 米粉の糊化液はコーンスターチよりも温度を変えたときの流出時間の変化が小さかった。これより、**米粉の糊化液には冷めても粘度が変化しにくい**と考えた。
- 冷めても粘度が下がらないため、**米粉は常温や冷たい食品のとろみづけにも適している**。
- レシピ¹⁷⁾を参考に実際に米粉でカスタードクリームを作った。米粉を同量のコーンスターチに置き換えて作ったところ、米粉で作ったカスタードクリームはレシピ通りクリーム状になったのに対し、コーンスターチで作ったカスタードクリームはプリンのように固まった。これより、**実際に調理に用いる際は米粉とコーンスターチで必要量が違う**といえる。
- 1日保存した後の流出時間には、規則性が見られなかった。糊化液を放置するときの気温や湿度の差、放置時間のずれなどが**流出時間のばらつきに繋がったのではないかと**考えた。

<作ったカスタードクリームの様子>



追加調査 材料の違いによる食味への影響

実際に米粉とコーンスターチでとろみをつけた料理を提供し、見た目や食味についてアンケート調査を行った。

- 実施日：2022年7月27日
- 対象：本校6年生36名（男子12名，女子24名）
- 料理：コンソメスープ，カスタードクリーム
- 方法：各項目について0~6の7段階で評価
- データ分析：Bonferroni補正を用いて有意差検定

調査結果 各項目の平均値をレーダーチャートに表し、有意差の有無を表に表した。

<コンソメスープの質問項目>

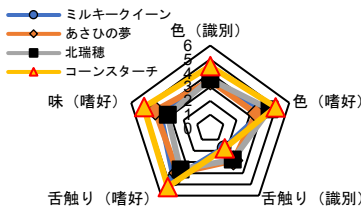
識別評価	色	舌触り	嗜好評価	色	舌触り	味
色	0 透き通っている - 濁っている 6	舌触り	0 なめらか - ざらついている 6	色 (嗜好)	舌触り (嗜好)	味 (嗜好)
嗜好評価	色	0 好ましくない - 好ましい 6	舌触り	0 好ましくない - 好ましい 6	味	0 好ましくない - 好ましい 6

<カスタードクリームの質問項目>

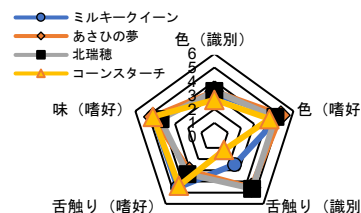
識別評価	色	舌触り	嗜好評価	色	舌触り	味
色	0 薄い - 濃い 6	舌触り	0 なめらか - ざらついている 6	色 (嗜好)	舌触り (嗜好)	味 (嗜好)
嗜好評価	色	0 好ましくない - 好ましい 6	舌触り	0 好ましくない - 好ましい 6	味	0 好ましくない - 好ましい 6



<コンソメスープ>



<カスタードクリーム>



A：ミルクイーン B：あさひの夢 C：北瑞穂 D：コーンスターチ

比較	色 (識別)	色 (嗜好)	舌触り (識別)	舌触り (嗜好)	味 (嗜好)
A・B	×	×	×	×	×
A・C	×	×	×	×	×
A・D	×	×	×	×	×
B・C	×	×	×	×	×
B・D	×	×	×	×	×
C・D	×	×	×	×	×

一部の材料間で有意な差があることが確認できたが、すべての材料を比較することはできなかった。

A：ミルクイーン B：あさひの夢 C：北瑞穂 D：コーンスターチ

比較	色 (識別)	色 (嗜好)	舌触り (識別)	舌触り (嗜好)	味 (嗜好)
A・B	×	×	×	×	×
A・C	×	×	×	×	×
A・D	×	×	×	×	×
B・C	×	×	×	×	×
B・D	×	×	×	×	×
C・D	×	×	×	×	×

舌触り(識別)は材料によって平均値がばらけており、ほとんどの材料間で有意差が確認された。

まとめ・今後の展望

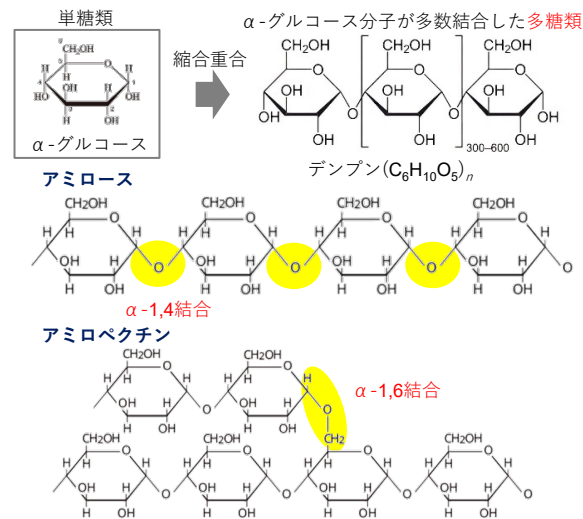
- 米粉の糊化液の性質は片栗粉よりもコーンスターチに似ていることを見出した
- 米粉はスープなどのとろみづけに向いているのではないかと考えた
- 米粉はコーンスターチの代替として常温や冷たい料理のとろみづけにも利用できることを明らかにした

- ◆今後はアンケートに自由記述欄を設けるなど、より適切な方法で官能評価を行い、見た目と食味の観点から米粉がコーンスターチの代替になるかを検討したい
- ◆本研究を米粉の普及に役立てられるものにした

参考文献

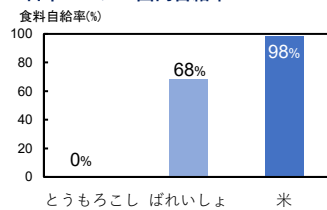
- 1) 森田真司，成田宏史，食品学雑誌臨時号，化学同人，2016。
- 2) 江上利博，食品の化学，日本化学会，2012，p.171。
- 3) 久野三智子，食品工学，J Appl Glycosci 2000, 3, 319。
- 4) 伊勢一男，赤岡芳洋，飯米登，中野規，橋本誠，安部泰男，羽田大次，須藤大，山口賢治，橋本博，吉野繁，井沼博雄，作物研究所研究報告 2001, 2, 30。
- 5) 伊藤聖，山本真司，本庄利行，愛知産業大学研究報告 2009, 8, 82。
- 6) 新井洋平，天野由香，坂本真実，池澤文雄，小川敏明，日本作物学会全国大会要旨集 2014, 20, 34。
- 7) 声田(田)かな子，幸谷かおり，橋本真之，日本食品科学工学会誌 2019, 6, 200。
- 8) 池田一博，清水博之，村上隆雄，黒木隆，黒川博子，池ヶ谷賢二，田村泰明，農産物加工技術 2017, 205, 23。
- 9) 農業政策情報部，植物製剤に関する「5年計画」の概要，https://www.affrc.go.jp/joho-djsho07_000047.html (最終閲覧2022/3/9)。
- 10) 藤本二生，農産物加工技術研究所報告 2010, 42, 15。
- 11) 渡邊英夫，山崎孝志江，小切岡英夫，他，日本農林水産大学会誌 2019, 23, 19。
- 12) 農林水産省，令和二年度食料政策報告書 2021。
- 13) 農林水産省，https://www.maff.go.jp/j/kyokudomo_sodan/040505.html (最終閲覧2022/3/9)。
- 14) 農林水産省，標準計測方法，農産物検査法施行規則，2019。
- 15) 藤本誠，池田博博，池田博博，でんぷん食品の加工，化学同人，pp.68-69。
- 16) 水品善之，岩崎泰枝，小西洋太郎，食品学 J，手土社，2019，pp.139-140。
- 17) 高橋ヒロ，まいにち米粉パンと料理とお菓子，池田書店，p.97。

デンプン (C₆H₁₂O₆)_n の構造



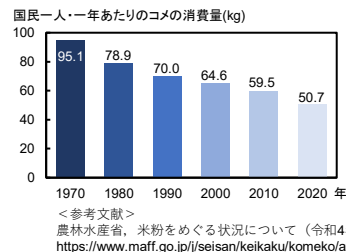
コメの国内自給率と消費量

<日本のコメの国内自給率>



3つの作物を比べると米の自給率が最も高い。片栗粉の原料となるばれいしょは北海道を中心に国内でも生産されているが、コーンスターチの原料であるとうもろこしは国内でほとんど生産されておらず、外国からの輸入に頼っている。

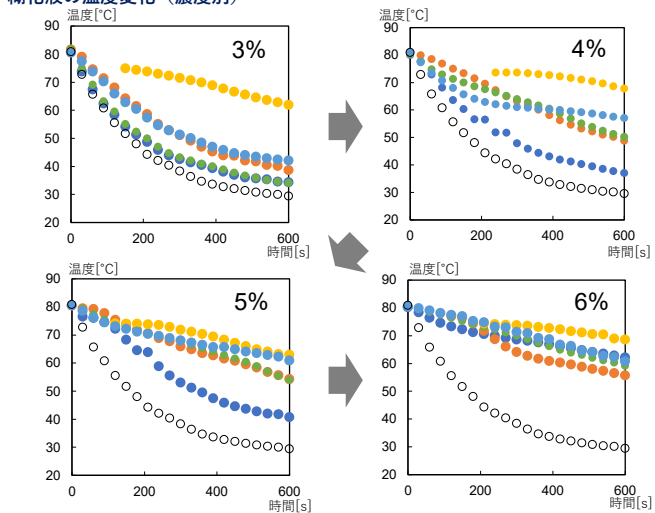
<日本のコメの消費量>



温度変化の様子

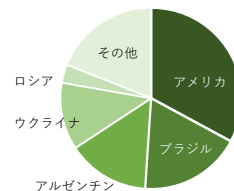
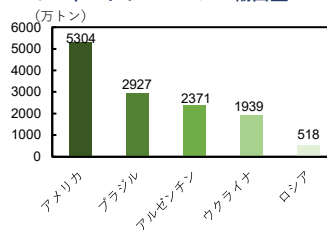
濃度別に表したグラフ

糊化液の温度変化 (濃度別)

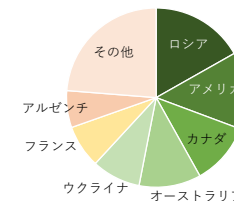
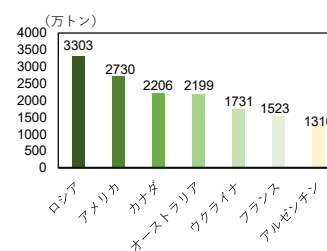


トウモロコシ・小麦の主要輸出国

<2017年のトウモロコシの輸出量>



<2017年の小麦の輸出量>

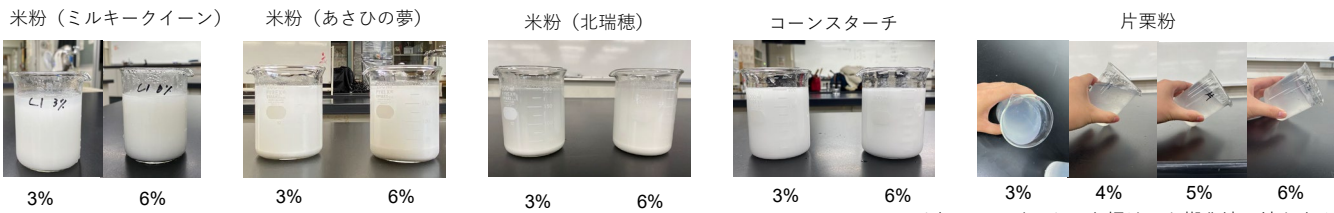


トウモロコシも小麦もロシアやウクライナが主要輸出国の一つとなっている。そのため、昨今の世界情勢によって世界的に穀物が不足し、価格が高騰している。 <参考文献> >二書店, データブック・オブ・ザ・ワールド2021年版, 2021.

糊化液の様子

糊化液は、十分に攪拌してから実験に用いた。

実験 1



5%以上では、ビーカーを傾けても糊化液は流れなかった。

実験 3

