

エクストルーダによる馬鈴薯デンプンの高度利用に関する研究 — 膨化技術とその利用 —

河野慎一・熊林義晃・清水英樹・山崎邦雄

Extruder-Based Food Processing Techniques Promoting Alternative Uses of Potato Starch as a Main Ingredient

Shinichi KONO, Yoshiteru KUMABAYASHI, Hideki SHIMIZU and Kunio YAMAZAKI

Consumption of potato starch has decreased in recent years. To alter this trend, there is an urgent need to develop value-added products that rely on potato starch as a main ingredient. The objective of this study was to research a process by which insulators can be produced from potato starch.

Frequent extruder jamming became a problem when working with potato starch flour. Although reducing the L/D value was effective in reducing jamming, the resultant processing was not stable. Therefore, additives were experimented with in an attempt to modify the potato starch's physical characteristics. Rice bran and rice bran wax additives successfully stabilized the processing but would not allow for increased processing pressures and failed to deliver good puffing. The addition of sodium hydrogen carbonate produced good puffing and a product exhibiting small, fine bubbles. The addition of polyvinyl alcohol also resulted in a product with good elasticity and puffing with fine bubbles. However, the processing was not stable.

After considering the conditions under which extruder jamming occurred, an experiment was conducted in which raw material was first subjected to granulation on a granulator or with an extruder without a die. Granules of ϕ : 1mm were produced by the granulator and ϕ : 5mm in the case of the extruder. Though not stable, both materials produced satisfactory puffing. It was also noted that particularly outstanding elasticity was achieved by the material granulated with the extruder.

コーンスナックは水とコーンを高温高圧下で調理したものであり、これはデンプンの膨化技術を利用したものである。膨化の原理を簡単に述べる。高圧力下の水は、沸点を超えても液体の状態であり、この状態の水を圧縮水と呼ぶ。圧縮水は急激に大気圧下に解放されると爆発的に蒸発して水蒸気となり、体積が膨張する。この体積膨張の力でデンプンの組織が膨張することが膨化である。高温高圧下での連続調理法として、エクストルージョックッキングが確立されている。

一方、北海道は馬鈴薯デンプン（以下デンプン）の主産地であり、水産練り製品の添加物や片栗粉などが約6割、残りがコーンスターチとの抱き合わせ販売によって消費されている。しかし、その消費は減少傾向にあり、原料・製造コストの引き下げとともに高付加価値を持つ

た製品の開発が期待されている。デンプンの高付加価値製品の一つに生分解性プラスチックがあり、処理法に問題を抱えている通常のプラスチックと比較し、容易に分解出来、環境への負荷が少ないという利点があるため注目されている。生分解性プラスチックの製品にはコップやトレーなど様々な形態があるが、梱包品を衝撃から守る緩衝材もその一つとしてあげられる。前述のエクストルーダの膨化技術を、デンプンに応用し、緩衝作用を持つ膨化品を製造すれば、デンプンの有効利用が図れ、工程の簡略化、コスト削減を図ることが出来る。

しかし、エクストルーダによってデンプンの膨化品を製造する場合は問題も多い。緩衝作用を持つ膨化品は、多量の空気を含ませ、体積を大きくする必要がある。そのためには加工中、原料に高い圧力がかかることが望ま

れる。このための運転条件として、原料投入量を増やす、高温にするなどの条件が考えられる。一方、これらの運転条件はエクストルーダの押し出す力を低下させる。デンプンに水を加え、加熱すると糊化し流動性が悪くなる。流動性が悪い材料を押し出す力が弱い条件で運転した場合は、成形部分であるダイで原料が固結してしまい、ダイから出てこなくなる、「詰まり」が起こる。すなわち、エクストルーダでデンプンの膨化品を製造する場合は高圧をかけ、かつ「詰まり」を起こさぬようにしなければならない。このため運転が難しいとされている。

そこで、本試験では、添加物を加えること、また原料を造粒して形態を変化させることにより、エクストルーダによる膨化技術をデンプンに応用し、緩衝作用を持つ膨化品の製造を試みた。

実験方法

1. 原料

試験に用いた原料の形態と添加物を表1に示した。原料の形態としてデンプンをそのまま用いたもの（以下デンプンのみ）、添加物を加えたもの、造粒したもので試験を行った。

添加物は、米糠（以下米糠添加原料）、米糠ワックス（同米糠 WAX 添加原料）、ポリビニルアルコール（同 PVA 添加原料）、炭酸水素ナトリウム（同 NaHCO_3 添加原料）とした。

原料の造粒は顆粒製造機（以下顆粒原料）、エクストルーダ（以下 EX 原料）を用いて行った。顆粒製造機（筒井理化学器械株式会社 5663）はスクリーンが直径 1 mm のものを使用した。バインダーとしてポリビニルアルコール水溶液（2.5%）を用いた。また、2 軸エクストルーダ（神鋼テクノ株式会社 TCO-30）では、ダイを取り付

表1 原料の形態と添加物

形態	添加物	試験区
粉状	無し	デンプンのみ
	米糠	5% 米糠添加原料
	米糠ワックス	5% 米糠WAX添加原料
	NaHCO_3	5% NaHCO_3 添加原料
添加物を加えたもの	PVA	30% PVA添加原料
	2.5%PVA水溶液	32.4% 顆粒原料
	PVA	13.5%
エクストルーダ造粒品	粉末油脂	2.1% EX原料
	水	32.6%

けないで運転を行い造粒を行った。造粒品は 5 mm 程度の球状のものとなった。

2. エクストルーダ

使用した 2 軸エクストルーダは内径が 30 mm であり、長径比 (L/D) を 18, 24 と変えて運転を行った。成形部分であるダイは直径 3 mm, 丸形, 2 穴のものを用いた。運転はスクリュ回転数, 添加水量, 原料供給量を変化させて行った。運転時はこれらの値とモータ負荷, 材料圧力を計測システムにて記録した。バレル温度は L/D=24 の時は 30°C - 110°C - 200°C とし, L/D=18 の時は 30°C - 200°C とした。

3. 緩衝材の評価

緩衝材の評価は膨化品の直径測定, 断面の観察, 圧縮時の応力の測定について行った。直径測定はノギスを用いて行った。断面の観察は電子顕微鏡（日立製作所株式会社 SEM-2000）を用いた。また、圧縮時の応力の測定はレオメータ（株式会社 サン科学 CR-200 D）を用いた。プランジャーは円形, 直径 20 mm を用い, 試料移動速度は 60 mm/sec とした。試料台の上にサンプルを乗せ, 試料台とプランジャーの間隔が 3 mm になるまで圧縮し, 試料のひずみと応力をパーソナルコンピュータにて記録した。

実験結果及び考察

1. 運転結果

デンプンのみを原料に用いた場合, 前述の「詰まり」が多く起こり, 膨化品の製造は困難であった。このため, 長径比 (L/D) を 24 から 18 に下げて運転を行ったところ, 「詰まり」の回数は減少したが, ダイからの吐出が安定しなかった。デンプンのような粘性の高い原料を用いる場合, 長径比を下げることである程度の対応は可能だが, 安定した膨化品の供給は困難であることが示唆された。

米糠添加原料を用いた場合は, ダイからの吐出及びモータの負荷が安定し, 「詰まり」は起こらなくなった。米糠に含まれる油脂が潤滑剤として働いたためと思われる。しかし, 圧力が十分上昇しなかったため, 良好な膨化は起こらなかった。

米糠 WAX 添加原料, PVA 添加原料, NaHCO_3 添加原料をそれぞれ用いた場合は, いずれもモータの負荷が大きくなりダイからの吐出がやや不安定であったが, 「詰まり」の起こる回数はデンプンの際に比較して減少した。顆粒原料, EX 原料を用いた場合についても同様の傾向が認められた。デンプンの膨化において, 添加物ま

たは、原料の形態を変えることにより機械の運転状況を改善できることが認められた。

2. 膨化品の直径と気泡

図1に膨化品の直径を示した。米糠添加原料の直径は6.1mmであり、他の添加物に比べ、直径が小さく膨化が不十分であった。前述の通り油脂の影響で圧力が十分上昇しなかったためと推測された。PVA添加物が最も大きな直径となり、14.8mmであった。その他の条件についても十分な太さの膨化品が得られた。

断面の観察を行ったところ、 NaHCO_3 添加原料を用いた膨化品の気泡が最も小さなものとなった(図2)。PVA添加原料(図3)や、顆粒原料(図4)を用いた場合の気泡は大きなものとなった。膨化品が緩衝作用を持つためには、空気が出るだけ含まれ、ある程度の強度を保てることが望まれる。すなわち、膨化品の形態は小さな気泡がたくさん含まれたものが望ましいが、米糠WAX添加原料(図5)、EX原料(図6)の膨化品の気泡でも十分であると思われた。

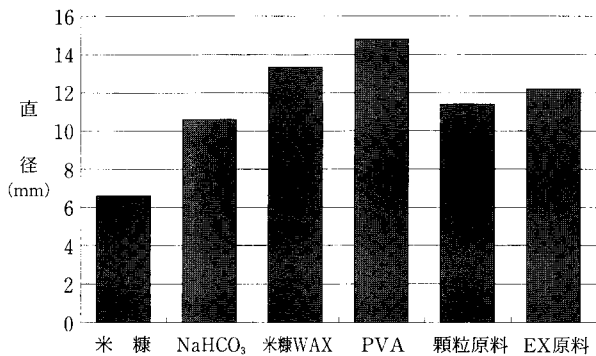


図1 膨化品の直径

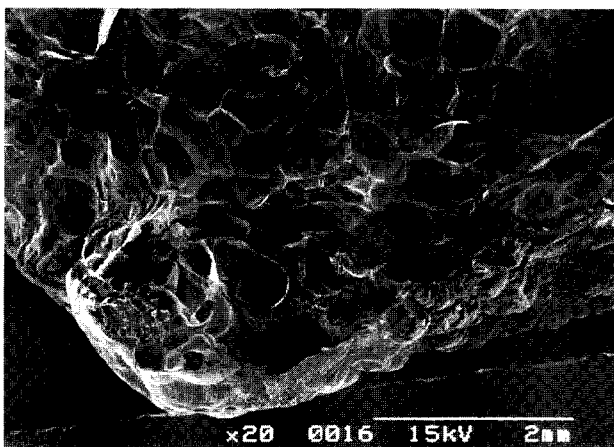


図2 膨化品断面図 (NaHCO_3 添加原料)



図3 膨化品断面図 (PVA 添加原料)

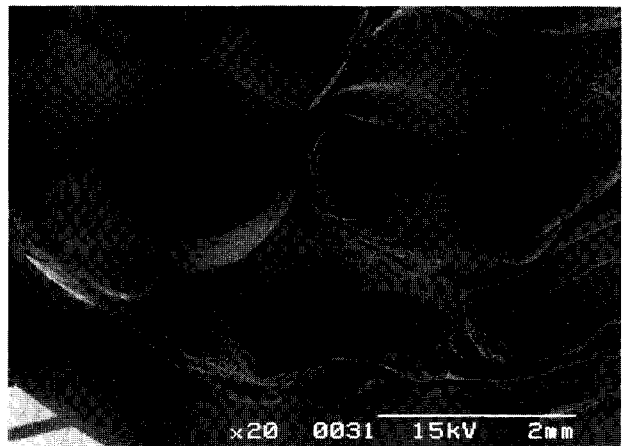


図4 膨化品断面図 (顆粒原料)



図5 膨化品断面図 (米糠 WAX 添加原料)

3. 応力測定

図7にそれぞれの膨化品を圧縮したときの応力変化を示した。緩衝作用を持つ膨化品の物性は、繰り返しの衝撃に耐えるべく弾性に富み、かつ衝撃を吸収するために、応力に対するひずみが大きい物性であることが望まれ



図6 膨化品断面図 (EX 原料)

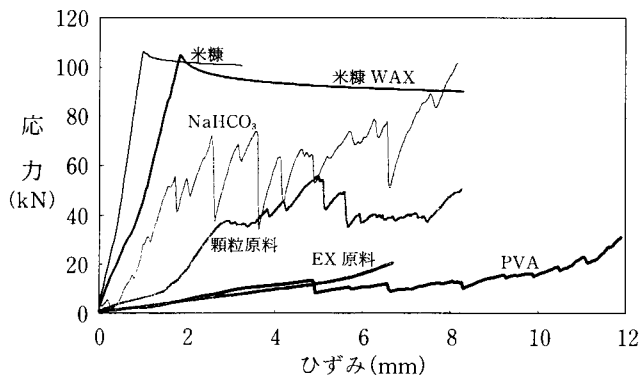


図7 膨化品圧縮時の応力変化

る。この物性は応力-ひずみ曲線上に、傾きの小さい直線として現れる。米糠添加原料や米糠 WAX 添加原料の膨化品は、直線の傾きが大きいため緩衝作用を持たず、衝撃が梱包品に直接伝わると予想された。

NaHCO₃ 添加原料の膨化品は、直線部分をほとんどもたず、0.4 mm, 5 kN の点でピークが出現した。これは、この時点で組織が一部崩壊し、非常に弾性に乏しいことを意味し、スナック菓子のような物性を持つと予想され、衝撃を受けると粉々になると推測された。

顆粒原料を用いた場合の曲線はひずみが 3 mm を越えると、ピークが多数出現し、膨化品が段階的に崩壊している様子が認められた。弾性限界が小さく緩衝作用が小さいものであると思われた。

PVA 添加原料の膨化品はひずみが 5 mm 程度までは理想的な直線を示したが、ひずみが増えるに従ってピークが数個認められた。顆粒原料と同様に組織が段階的に崩壊していることが認められ、衝撃を繰り返し受けると崩壊してしまう可能性があると思われた。

EX 原料の場合の曲線は、傾きの小さい直線に近いものとなり、膨化品は緩衝作用を持つと予想された。応力測定後もほぼ原形をとどめており緩衝材として応用できることが示唆された。デンプンは適量の水と温度の下で糊化し、その際に体積が膨張するが、デンプンを造粒する事によって、原料がエクストルーダに充填された際に空隙が生じ、その空隙が膨張したデンプンの体積を補い、適度な充填状態になったのではないかと推測された。

エクストルーダを用いて試料を造粒する事によって、緩衝作用を持つ膨化品が製造可能であることが示唆された。

要 約

エクストルーダを用いて馬鈴薯デンプンの膨化品を製造した。その結果以下のことが示された。流動性が悪く、運転状態が不安定になるような原料を膨化させる場合には、長径比を下げることである程度までは対応可能であると思われた。また、添加物を加えることで運転は安定した。また、エクストルーダを用いて原料を造粒することにより、緩衝材に適する物性を持った膨化品が製造可能であることが示唆された。

文 献

- 1) 北海道農政部：平成7年度北海道農業の動向，第1版（北海道，札幌），1996。
- 2) 食品産業エクストルーダ・クッキング技術研究組合編：エクストルーダ・クッキングー2軸型の開発と利用一，第1版（光琳，東京），1987。
- 3) 日本食品工業学会編：食品工業における科学・技術の進歩（II），第1版（光琳，東京），1984。
- 4) 河野慎一ら：北海道立食品加工研究センター研究報告，2，1996。