

加工デンプン（栄養学的観点からの検討）

加工デンプンは、未加工デンプンが有する物理化学的性状を変化させ、利便性の拡大を図るために加工処理を施したものであり、通常、未加工デンプンに代わるものとして用いられる。デンプンは三大栄養素の一つである炭水化物の摂取源であることから、炭水化物の摂取量、加工デンプンの摂取量、加工デンプンの体内動態（消化酵素分解率）から、加工デンプンの食品への使用について栄養学的観点からの検討を行う。

1. 関連情報

(1) 加工デンプンの体内動態（消化酵素分解率）

加工デンプンの消化分解性は、未加工デンプンのそれと比べて、差がないことを示す試験データも多いが、置換度、酸化度の高い場合消化率が低いことを示す試験結果もある。しかしながら、これらの試験結果において、エステル化、エーテル化、酸化など化学修飾の種類と消化性との相関性は認められていない。また、成人に加工デンプンを60g×4日投与する試験では、便通の回数と量、糞便中の水分量と乳酸含量に異常はなく、その他の有害影響は見られなかったとの報告もある。（別添参照）

(2) 加工デンプン及び炭水化物等の摂取量

●加工デンプン

- ・食品に用いられている加工デンプンは、国内生産量及び輸入量をあわせて、約15万トンと推定されており、これを一人当たりの一日消費量に換算した場合の推計 → 約3g/人/日
- ・国民健康・栄養調査による各食品の各年齢段階における摂取データと関連事業者より提供された加工デンプンの各食品への添加率をかけあわせることによる最大量の推計 → 1歳：4.90 g/人/日、2歳：6.05 g/人/日、3歳：6.31g/人/日、4歳以上：8.19g/人/日
- ・ベビーフードへの加工デンプンの配合割合は、最大約5%（喫食時含有率）（日本ベビーフード協会調査）

●炭水化物及び食物繊維（平成16年国民健康・栄養調査）

（炭水化物）

国民平均：226.1g/人/日（標準偏差 85.3）

1～2歳：161.7g/人/日（標準偏差 57.8）

3～5歳：195.7g/人/日（標準偏差 49.1）

（食物繊維）

国民平均：13.9g/人/日（標準偏差 6.4）

1～2歳：7.0g/人/日（標準偏差 3.8）

3～5歳：9.0g/人/日（標準偏差 3.2）

2. 考察

上記1. から、加工デンプンの一日消費量を10g/人/日と仮定した場合、炭水化物摂取量中の加工デンプンが占める割合は、国民平均4.6%（1～2歳6.6%、3～5歳5.3%）となる。また、1歳以下の乳児に関しては、ベビーフードのみを栄養源とし、最大配合割合のもののみを摂取すると仮定した場合、食事摂取量の最大5%が加工デンプンの摂取量となる。

仮に加工デンプンが全く消化されずグルコースとしての栄養源とならないとした場合においても、炭水化物摂取量中に占める割合やそもそもの炭水化物摂取量のばらつき踏まえると、加工デンプンの使用が栄養学的な問題を引き起こすとは考えにくい。1歳以下の乳児に関しても、その栄養源はベビーフードのみではないこと、上記は過剰な見積もりであることを踏まえると、栄養学的な問題を引き起こすとは考えにくい。更に、現在、加工デンプンは、食品としての使用が行われているところであるが、特段の栄養学的な問題は起こっていないところである。加工デンプンの一部は小腸における消化吸収を逃れ、その一部はさらに、大腸において食物繊維と同様な発酵を受け代謝された短鎖脂肪酸となり吸収されるものと考えられる。

したがって、食品添加物として通常使用される状況下では、栄養学的な影響の懸念は必要ないものと考えられる。

(別添)

各加工デンプンの消化酵素分解率

●体内動態（食安委評価書抜粋）

① アセチル化アジピン酸架橋デンプン

アセチル基は、パンクレアチンやアミログルコシダーゼで効率よく加水分解されるが、アジピン酸との結合部位は十分加水分解されない。

ラットでのデンプン¹⁴C 標識アジペートの体内動態について調べた結果、¹⁴C アジピン酸とデンプンの混合物投与に比し、デンプン¹⁴C 標識アジペートでは¹⁴C₂の排泄速度は遅かったが、投与後23 時間までに投与放射能の70.5%（アジピン酸では99.3%）が呼気中に、24.5%（アジピン酸では検出されず）が糞中に、7.2%（アジピン酸では5.8%）が尿中に排泄された。

② アセチル化リン酸架橋デンプン

パンクレアチン及びブタ小腸粘膜酵素による加水分解率は、未加工デンプンと比較して、アセチル化度1.6%の場合には93%、また、アセチル化度2.3%の場合には31%であった。

③ アセチル化酸化デンプン

本加工デンプンの消化酵素分解や体内動態に関する文献は見当たらないが、強酸処理すると徐々に加水分解され、グルコース、グルコン酸及び酢酸を生成する。

④ オクテニルコハク酸デンプンナトリウム

本加工デンプンの消化酵素分解に関する文献は見当たらない。一般的に、多くの化合物のエステル結合部位は消化管のエステラーゼにより容易に分解されると考えられる。本加工デンプンを混餌投与したラットの体重増加率に関する報告では、未加工デンプンを投与したラットと差は認められていない。

¹⁴C 標識オクテニルコハク酸ナトリウム塩をラットへ経口投与したところ、投与後3 日間で、投与放射能の80.9%が尿中へ、18.2%が糞中へ排泄された。投与後24 時間の尿中代謝物の検索の結果、投与量の約10%が未変化体であり、その他多くの酸化代謝物が同定された。また、イヌを用いた同様の試験では、投与後3~4 日間で、投与放射能の63~76%が尿中へ、18~29%が糞中へ排泄され、投与後24 時間の尿中代謝物の検索の結果は、40~60%が未変化体であった。なお、ラット、イヌいずれにおいても、呼気中排泄は極めてわずかであった。

⑤ 酢酸デンプン

In vitro において、生物化学的酸素要求量（BOD）により算出される加水分解率、カビ、パンクレアチン及びブタ小腸粘膜酵素による加水分解率を調べた結果、未加工デンプンに比べ若干低かった。

⑥ 酸化デンプン

消化酵素による加水分解率は、*in vitro* において、未加工デンプンに比べ若干

低いとする報告もあるが、ラットに酸化小麦デンプンを28日間混餌投与した試験では、消化分解率に未加工デンプンとの差は認められていない。他方、ラットに酸化デンプン（カルボキシル基0.57%、0.8%、0.9%含有）を10日間混餌投与した結果、酸化度が増えるに従い消化分解率は低下した。

⑦ ヒドロキシプロピルデンプン

¹⁴C 標識プロピレンオキシド処理により製造した加工デンプンを雄ラットに経口投与したところ、投与後50時間で放射能の92%が糞中に、3.6%が尿中に排泄された。また、*in vitro*において、ヒドロキシプロピル基の低置換及び高置換デンプンは、程度の差はあるものの共に、未加工デンプンと同様に消化酵素により加水分解されることが示されている。一方、パンクレアチンによる消化分解率は、DSの増加に伴い減少した。

⑧ ヒドロキシプロピル化リン酸架橋デンプン

本加工デンプンの体内動態に関する報告はみられないが、*in vitro*において、パンクレアチン、アミラーゼによる加水分解率は、デンプンの糊化条件（時間、温度、pH）や糊化状態に依存するとされている。

⑨ リン酸モノエステル化リン酸架橋デンプン

*In vitro*において、アミラーゼ、パンクレアチン及びブタ小腸粘膜酵素による加水分解率を調べた結果、未加工デンプンに比べ消化分解率は幾分低かった。

⑩ リン酸化デンプン

小麦αアミラーゼによる加水分解率は、未加工デンプンと大差ないことが示されている。また、³²P 標識リン酸化デンプンをラットに経口投与した結果、投与後48時間までの放射能の排泄量及び分布量は、オルトリン酸やピロリン酸と同様であった。

⑪ リン酸架橋デンプン

トリメタホスフェート処理したリン酸架橋デンプンのアミラーゼによる加水分解率は、未加工デンプンに比べ若干低かった。一方、オキシ塩化リン処理コーン及びじゃがいもリン酸架橋デンプンの消化酵素による加水分解様相は未加工デンプンのそれと類似していた。また、修飾度が高くなるにつれ体内への吸収は低下する。オキシ塩化リン処理した加工デンプンのアミログルコシダーゼによる加水分解率は96.4~98.3%であった。ラットでの経口投与時の³²P 標識リン架橋デンプンの放射能の体内動態を調べた結果、大部分の放射能は、投与後24時間までに糞及び尿中に排泄された（主排泄経路は糞、尿は一部）。

●毒性（ヒトにおける知見）（食安委評価書抜粋）

①アセチル化リン酸架橋デンプン

成人12名にアセチル化率1.5%又は2.33%のアセチル化リン酸架橋デンプン（60

g) を連日 4 日間投与する試験において、便通の回数と量、糞便中の水分含量と乳酸含量に異常はなく、その他の有害影響もみられなかった⁴⁾。

②酢酸デンプン

成人 12 名にアセチル化率 1.98%の酢酸デンプン (60 g) を連日 4 日間投与する試験において、便通の回数と量、糞便中の水分含量と乳酸含量に変化はみられず、その他の有害影響もみられなかった⁴⁾。

③リン酸モノエステル化リン酸架橋デンプン

成人 12 名にリン酸モノエステル化リン酸架橋デンプン (60 g) を連日 4 日間投与する試験において、有害影響はみられず、便通の回数と量、糞便中の水分含量と乳酸含量に変化はみられなかった⁴⁾。

●その他

安全性試験の結果では、飼料に加える加工デンプンの量が概ね 10 - 15 %以下の場合には影響がないが、25%以上の場合には、盲腸の肥大、下痢、飼料効率の減少等が認められる場合がある。(これらの所見は、げっ歯動物特にラットに、非栄養成分やある種の栄養成分を高濃度に含む飼料を投与した場合に認められる反応と類似している。これらは小腸における加水分解酵素において完全に消化吸収されなかった部分分解物が大腸に到達し、腸内細菌叢によって発酵吸収されることに起因する生理的反応である。)