

チーズと健康

ミルクマトリックス(Dairy Matrix)から
ミルクたんぱく質を再考する

東京聖栄大学健康栄養学部食品学科
中島 肇

チーズを含む乳・乳製品に食物繊維は含まれる？

いいえ

ヒトの消化酵素で分解できない物質が食物繊維

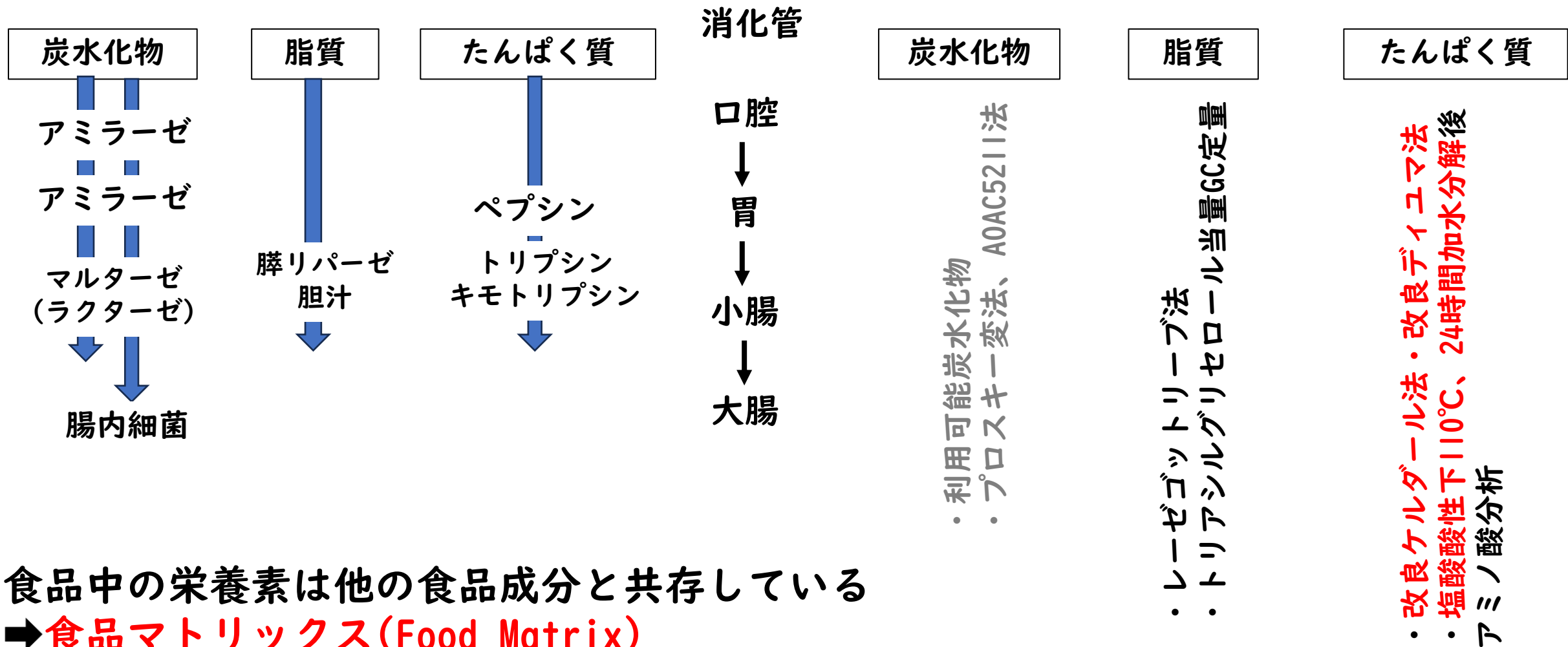
全ての動物性たんぱく質は速やかに100%消化吸収される？

吸収速度の違いは重要かもしれない
Food Matrix？

ミルクマトリックス(Dairy Matrix)からミルクたんぱく質を再考する

1. 食品マトリックスとたんぱく質
2. ミルクのたんぱく質と植物性たんぱく質
3. たんぱく質供給源としてのチーズ

食品の栄養成分は消化吸収されて機能する



食品中の栄養素は他の食品成分と共存している

➡食品マトリックス(Food Matrix)

→食品中では栄養素は他の栄養成分と複雑に関係しており消化吸収にも影響している

→栄養成分分析は食品マトリックスから栄養素を「取り出す」

👉食品マトリックスによって消化・吸収が変化し、生体での機能発現に影響する

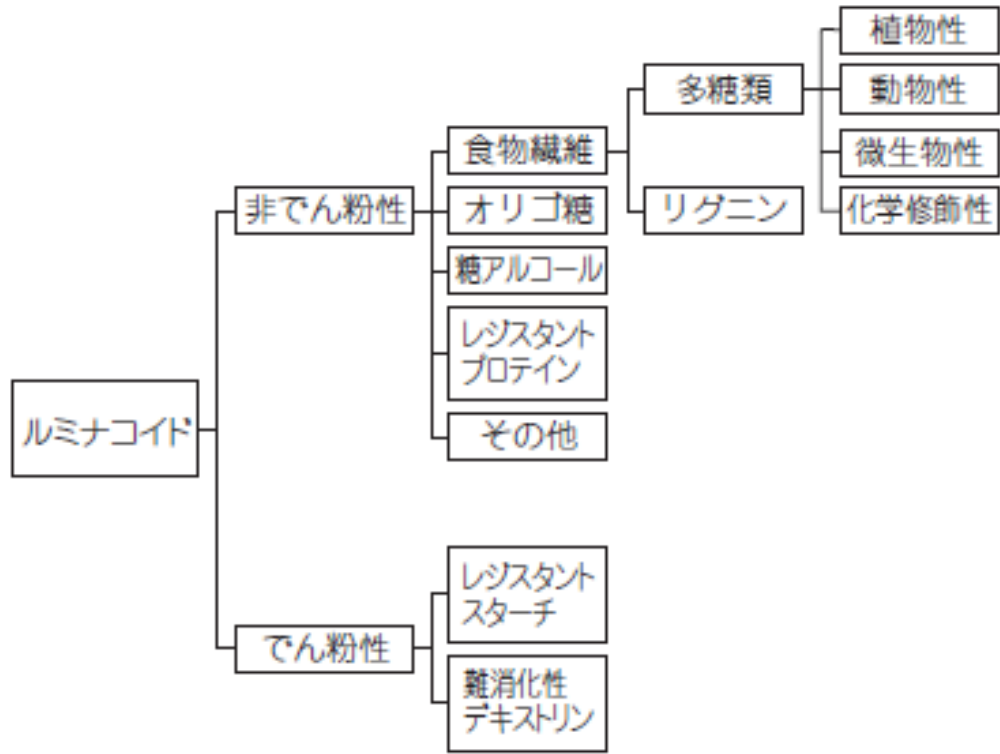
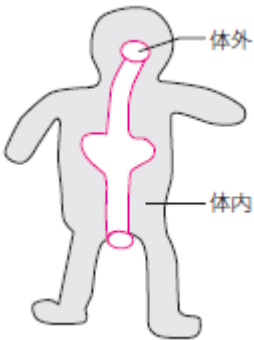


植物性たんぱく質と動物性たんぱく質消化吸収が異なる？

ルミナコイド(luminacoids)

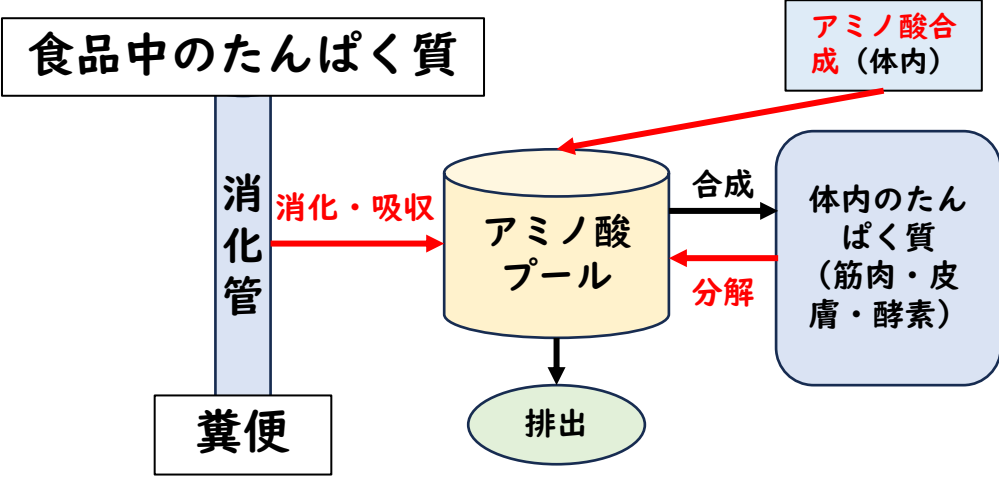
- ・ヒトの小腸内で消化・吸収されにくく、消化管を介して健康の維持に役立つ生理作用を発現する食物成分がルミナコイド
- ・消化管腔内の(luminal)+調和する(accord)+〜のような物質(-oid)を合わせた造語（桐山修八）
→ルミナコイドは、ヒトの消化酵素で分解されない「非栄養素」とされていた難消化性物質を生理機能を有する物質として命名したモノ

👉 難消化性物質の機能が腸内細菌によって発揮されていることが明らかになった



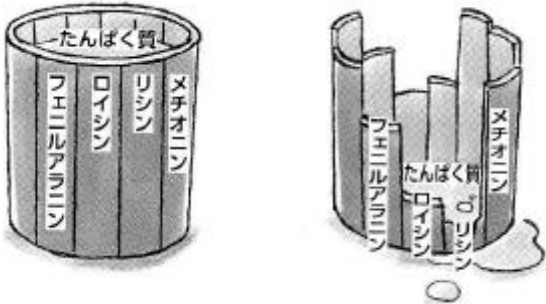
- ・食物繊維の専門家には難消化性のレジスタントプロテイン（Resistant Protein）が存在することは知られていた

不可欠（必須）アミノ酸供給源としての乳・乳製品



・体内のたんぱく質は常に入れ替わっている（動的平衡状態）
→たんぱく質の分解と排泄（異化）が常に行われているため、**失われた量のたんぱく質を毎日の食事で補う必要がある**
→アミノ酸プールへの入口：たんぱく質を作るためのアミノ酸は、食事から消化吸収で取り込み、体内のたんぱく質が分解されて再利用、体内での生合成、によってアミノ酸プールから供給される
→アミノ酸プールへの出口：体内のたんぱく質合成に使用される他、分解されて汗や尿から排出されたり糖質・脂質・エネルギー産生にも使われる

・ヒトにとってのたんぱく質の有用性をどのように評価するか
アミノ酸評点パターン(→必須アミノ酸(不可欠アミノ酸)の過不足量：必須アミノ酸の桶理論)との比較から各食品のアミノ酸価（アミノ酸スコア）を計算
・必須アミノ酸（不可欠アミノ酸）と桶理論
→必須アミノ酸；バリン、ロイシン、イソロイシン、トレオニン、メチオニン、トリプトファン、フェニルアラニン、ヒスチジン、リシンの9種類



・過剰に摂取したエネルギーは脂肪として（カルシウムは歯や骨で）体内に貯めることができるのに対し・・・

- ①必須アミノ酸が欠乏状態だと、他のアミノ酸を過剰に摂取しても体内に蓄積されることなく排出されてしまう
- ②アミノ酸プールはたんぱく質供給量によって大きさが変動する
- ③体内に取り込まれるアミノ酸量は検知され、たんぱく質代謝が制御されている

ミルクたんぱく質と植物性たんぱく質

- ・「**非栄養素の栄養学**」を追求する食物繊維研究者の間では知られていたヒトのシステムでは消化吸収されないレジスタントプロテイン
- ・レジスタントプロテインは、大腸の腸内細菌叢に影響を与える
- ・ヒトの消化酵素で分解できないレジスタントプロテイン(RP)を無視できない量含む植物性たんぱく質とRPをほとんど含まない動物性たんぱく質を化学分解(酸分解)で算出したアミノ酸組成で比較しても良いのだろうか？
- 動物性たんぱく質はヒトの消化システムで100%消化吸収される
- ・塩酸酸性下、110℃、24時間の加水分解と消化管内での酵素による加水分解を同じと考えて良いのだろうか？
- 👉 **消化管内の消化（加水分解）と吸収を反映してたんぱく質を再評価**
- 👉 **ヒトの消化酵素で完全に分解される動物性たんぱく質との比較には工夫が必要**なのは
- ・「たんぱく質ブーム」
- 強度の高い運動をした場合に摂取するのに適したたんぱく質

食事たんぱく質必要利用＝代謝要求量÷利用効率

PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score)
→アミノ酸スコアにたんぱく質の消化吸収率（糞便中の窒素含量からたんぱく質量を推定し消化吸収率を計算）を乗じて、アミノ酸スコアより正確にした指標

DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score)
→たんぱく質を構成するアミノ酸を正確な回腸での不可欠アミノ酸9種類毎の消化吸収率から算出。充足率100%を越える分も使用する。FAOではPDCAASに代わる方法として採用

D I A A S =

食物たんぱく質 1 g 中の消化性食物必須アミノ酸の m g 数

参照たんぱく質 1 g 中の同じ消化性食物必須アミノ酸の m g 数



吸収率を考慮したDIAASで評価するとミルクたんぱく質は植物性たんぱく質より高い評価となる

	PDCAAS	DIAAS
全脂乳	100%	143%
ミルクたんぱく濃縮物(MPC)	100%	118%
ホエイたんぱく濃縮物(WPI)	100%	109%
大豆たんぱく濃縮物(SPC)	98%	90%
豆たんぱく濃縮物(PPC)	89%	82%
米たんぱく濃縮物(RPC)	42%	37%
豆腐	70%	98%
コーン・シリアル	8%	1%
コラーゲン加水分化物	0%	0%

doi: 10.3389/fnut.2017.00013 を一部改変

- ・分離したたんぱく質で比較するとホエイたんぱく質の方がカゼインに比べて吸収は早い
- 摂食後の血液中アミノ酸量の上昇速度はカゼインは遅い
- 👉 早く吸収されるホエイたんぱく質を摂取した方が窒素代謝促進効果が期待できると考えて良いのか
- 👉 カゼインの消化吸収や窒素代謝への影響を考える際には食品マトリックスも考慮する必要があるそう



消化吸収がミルクより遅いチーズからたんぱく質をとることに意義はあるのか？

1) 安定同位体ラベルしたアミノ酸を添加したミルクたんぱく質の投与試験（男8名＋女15名の23名）

- ・ micellar caseins (MC)
- ・ milk soluble protein isolate (MSPI)
- ・ total milk protein (TMP)

を摂取した際の摂取後窒素代謝を安定同位体量の測定で評価

→ 消化吸収の早いMSPIはDIAASも高いが、MCのように消化吸収が遅いたんぱく質の方が窒素代謝を効率的に回転させるようだ

→ 吸収の早すぎるたんぱく質は窒素代謝に「ムダ」がでるかもしれない

Magali Lacroix *et al.* Am. J. Clin. Nutr. 2006;84:1070-9

2) 高齢者でのカゼイン投与試験

- ・ 健康な71±1歳への投与試験
- ・ 分離したカゼインとカゼインにホエイ (serum) に安定同位体でラベルしたアミノ酸を混合した食品の比較
- ・ ミルクマトリックス中のカゼイン（カゼイン＋serum）の方が分離カゼインより消化・吸収は遅くなる
- ・ 筋肉合成能はどちらも変わらない

→ 高齢者では、吸収が遅くても筋肉合成を含む窒素代謝にへ影響がないようだ

Tyler A. Churchward-Venne, *et al.* J. Nutr. 2015;145:1438-45.

3) 実際にチーズを投与して運動後のリカバリー時の筋肉合成を試験

- ・健康な若い男性被験者 (25±4歳) 20名
- ・チーズとミルクに安定同位体でラベルしたアミノ酸を混合した食品の比較
- ・アミノ酸の吸収は、ミルクに比べてチーズの方が遅い
- ・筋肉中でのアミノ酸生合成は、休憩中も運動後(レッグプレスとレッグエクステンションという2種類の運動)の筋肉中での生合成速度は変わらない

→たんぱく質を摂取するという意味からは吸収が遅いチーズでも筋肉の生合成速度はミルクと変わらない

Wesley JH. Hermans, *et al.* J. Nutr. 2022;152:1022–1030

4) 中国でのスライスチーズ投与試験

- ・中国江蘇省の介入実験
- ・2群の90日間のオープン試験
- ・朝と昼に通常品とたんぱく質とCa含量の多い(特別品)2種類のスライスチーズを2枚ずつ(66~67g/日)摂取
- ・被験者は60~80歳でサルコペニア状態(サルコペニア診断基準のSARC-CaIFが一定数値以下)の68名の中国の女性
- ・主要評価項目である骨格筋量指数(Skeletal Muscle Mass Index)は通常品と特別品共に増加した
- ・副次評価項目のサルコペニアの筋肉量、筋力、身体機能の指標の一つであるクレアチニン/シスタチンC比(Creatinine/Cystatin C)はチーズ群で有意に増加

→高齢の女性で定期的にチーズを摂取することでサルコペニア状態を改善できる可能性がある

Jingsi Chen, *et al.* Nutr. Metab. 2024; 21:64–76

→立命館大学の藤田は1食当たり、0.4g/体重kg(60kgの成人で2.4g)以上のたんぱく質摂取が理想であるが、日本人の朝食では約半分程度しかたんぱく質が摂取できていないとしている(J-milkメディアセミナー no.53)ことから中国での試験結果は日本人の朝食のたんぱく質摂取状況にも応用できるかもしれない

まとめ

- ・カゼインが主成分のチーズを摂取すると血液中へのアミノ酸の取り込みはホエイたんぱく質のような消化吸収の早いたんぱく質に比べて遅い
- ・カゼインからのアミノ酸吸収が遅くても、筋肉の生合成に係する窒素代謝は、消化吸収の早い（早すぎる）ホエイたんぱく質と変わらないようだ
- ・食品マトリックスとしてのチーズは多種多様ではあるが、これまで報告のある脂質やカルシウムの消化吸収だけではなく、たんぱく質代謝にも影響している