



誰もが食べてる化学物質パート2 ～微生物や酵素による化学反応～

背景と目的

認知されるリスク(主観)と実際のリスク(客観)に違いがある

➡ この差を埋めたい

- ゼロリスクはない。
- リスクには量、確率が重要

化学物質という言葉という言葉に惑わされないでほしい。

天然物でも人工合成物でも、リスクはある。

食品の加工貯蔵中に物質は変化している。

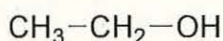
誰もが食べてる化学物質（前回）

～食品の加工貯蔵中の化学変化と安全性～

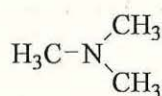
- 化学物質とは
物質を化学的性質を有するものとして見たときのよび方
生物は化学物質から成り立っている
- 生物から食物へ（加工貯蔵と物質変化）
- 脂質の酸化
- メイラード反応（糖とアミノ酸の反応）

誰もが食べてる化学物質パート2

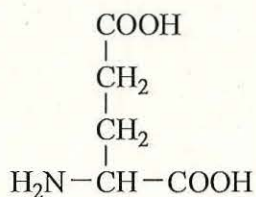
- 発酵と腐敗（安全性と品質）
 - うまみ調味料の話
 - 酵素の話
- } 食品添加物



アルコール



トリメチルアミン



グルタミン酸

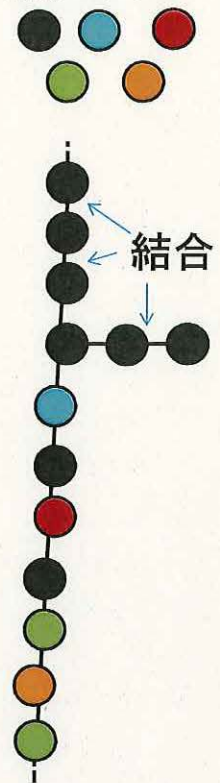
MPLKPILLSA LASLASASPL LYSRTTNETF VFTNANGLNF
TQMNTLPNV TIFATGGTIA GSDSSSTATT GYTSGAVGVL
SLIDAVPSML DVANVAGVQV ANVGSEDTIS DILISMSKKL
NRVVEDPTM AGAVITHGTD TLEETAFFLD ATVNCCKPIV
IVGAMRPSTA ISADGPFNLL EAVTVAASTS ARDRGAMVVM
NDRIASAYYV TKTANTMDT FKAMEMGYLG EMISNTPFFF
YPPVKPTGKV AFDITNVTEI PRVDILFSYE DMHNDTLNA
ISSGAQGIVI AGAGAGGVTT SFNEAIEDVI NRLEIPVVQS
MRTVNGEVPL SDVSSDTATH IASGYLNPQK SRILLGLLS
QGKNITEIAD VFALGTDA

アスパラギナーゼ（酵素）

生体高分子とは何か

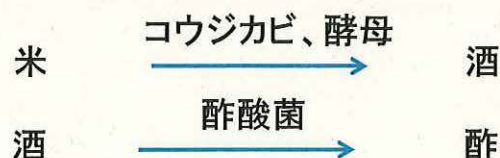
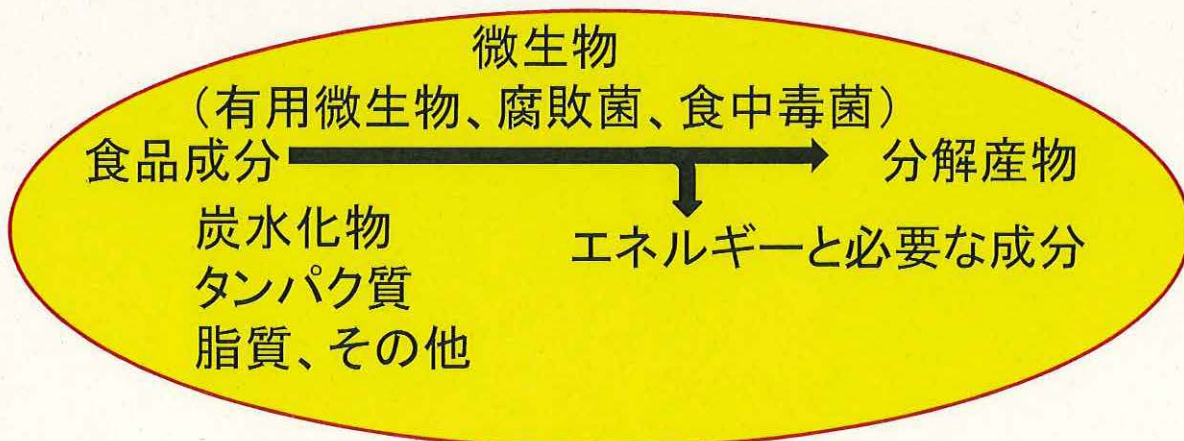
生体高分子	構成単位	結合様式
炭水化物	糖	グリコシド結合
デンプン	グルコース	
食物繊維	糖	グリコシド結合
セルロース	グルコース	
タンパク質	アミノ酸	ペプチド結合
グリシニン	20種のアミノ酸	
核酸	ヌクレオチド	リン酸エステル結合
DNA	4種のデオキシヌクレオチド	
合成高分子		
ポリエチレン	エチレン	C—C結合
ポリアミド	アミンとカルボン酸	アミド結合
ベークライト	フェノールとアルデヒド	C—C結合

構成単位

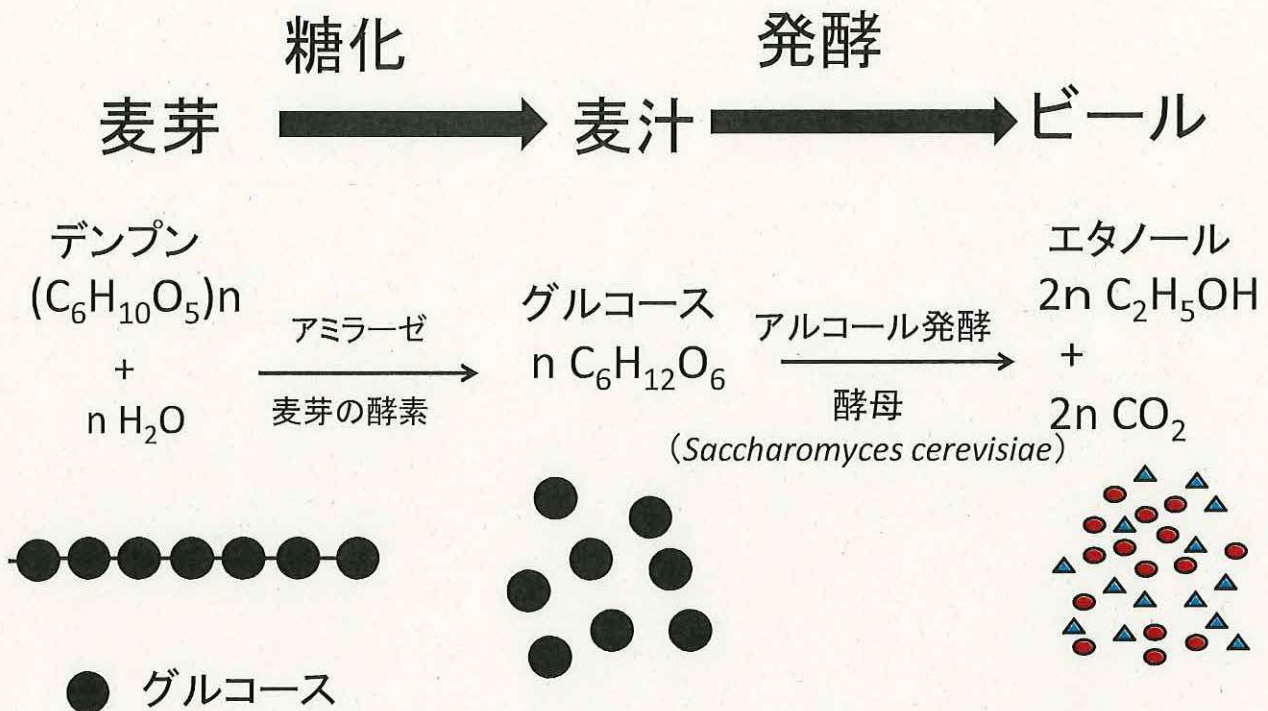


発酵と腐敗

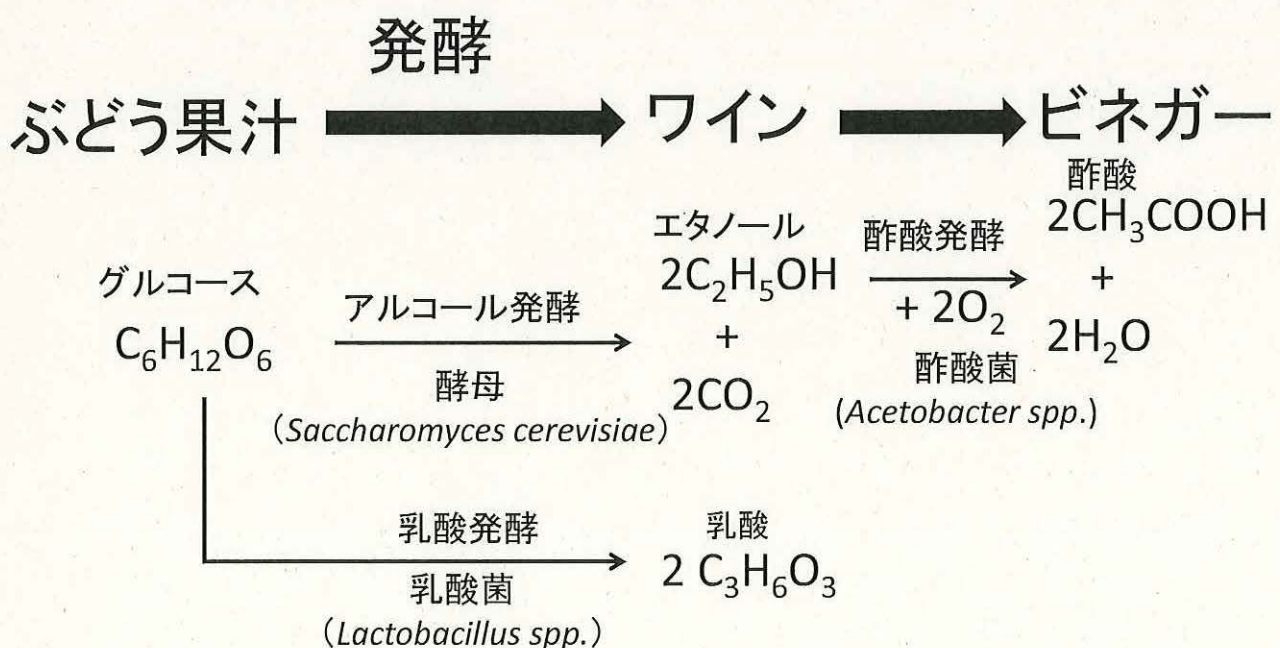
微生物による物質変化(化学反応)



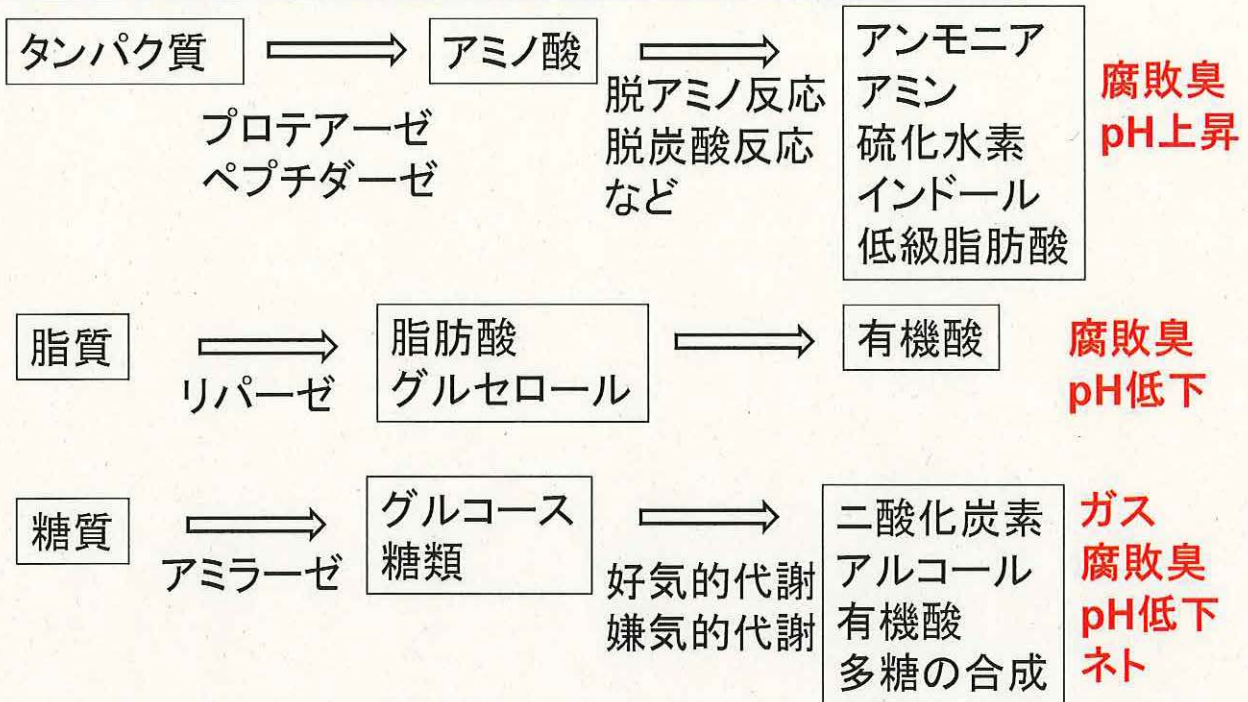
ビールの製造とアルコール発酵



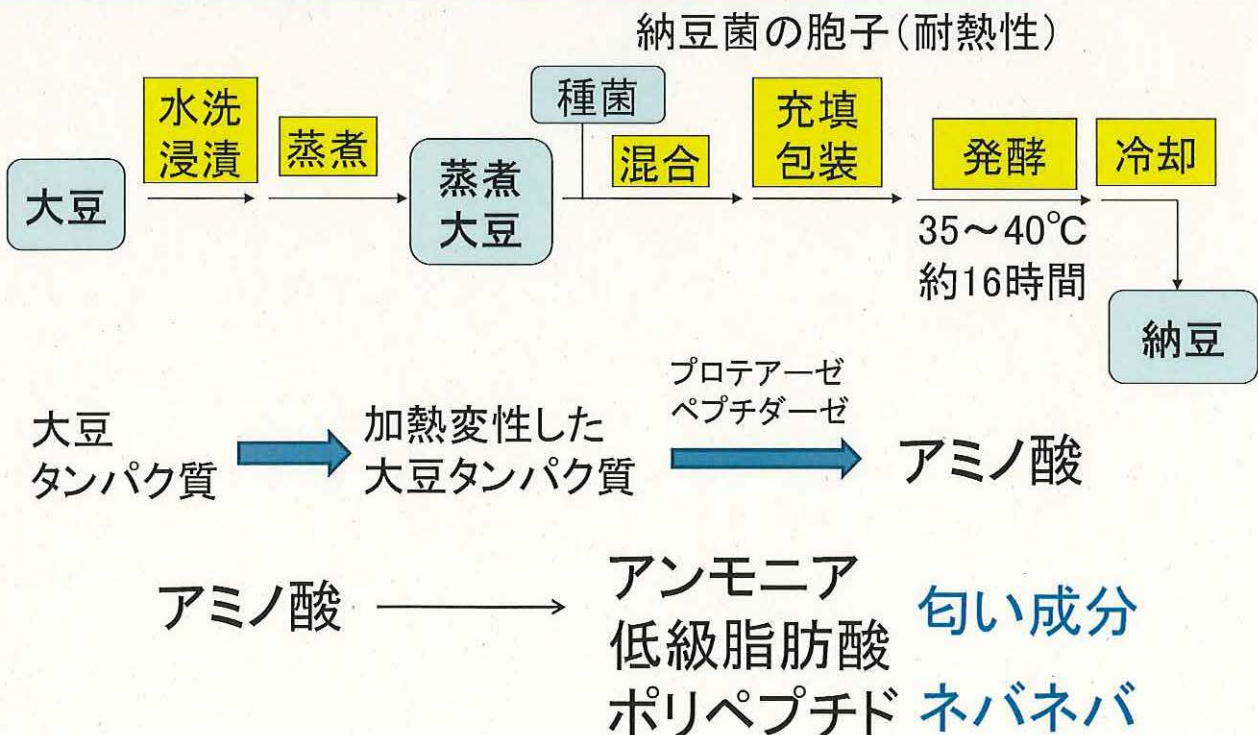
ワインの製造とアルコール発酵、乳酸発酵、酢酸発酵



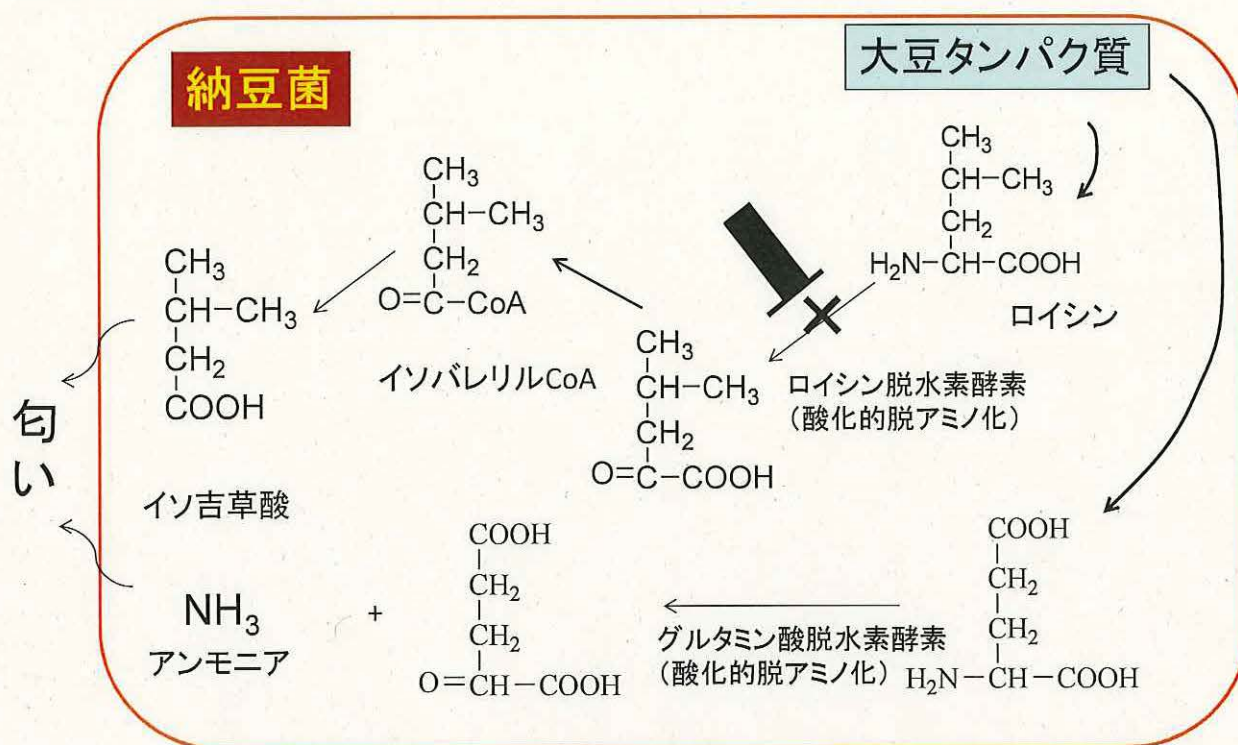
腐敗で起こる化学反応



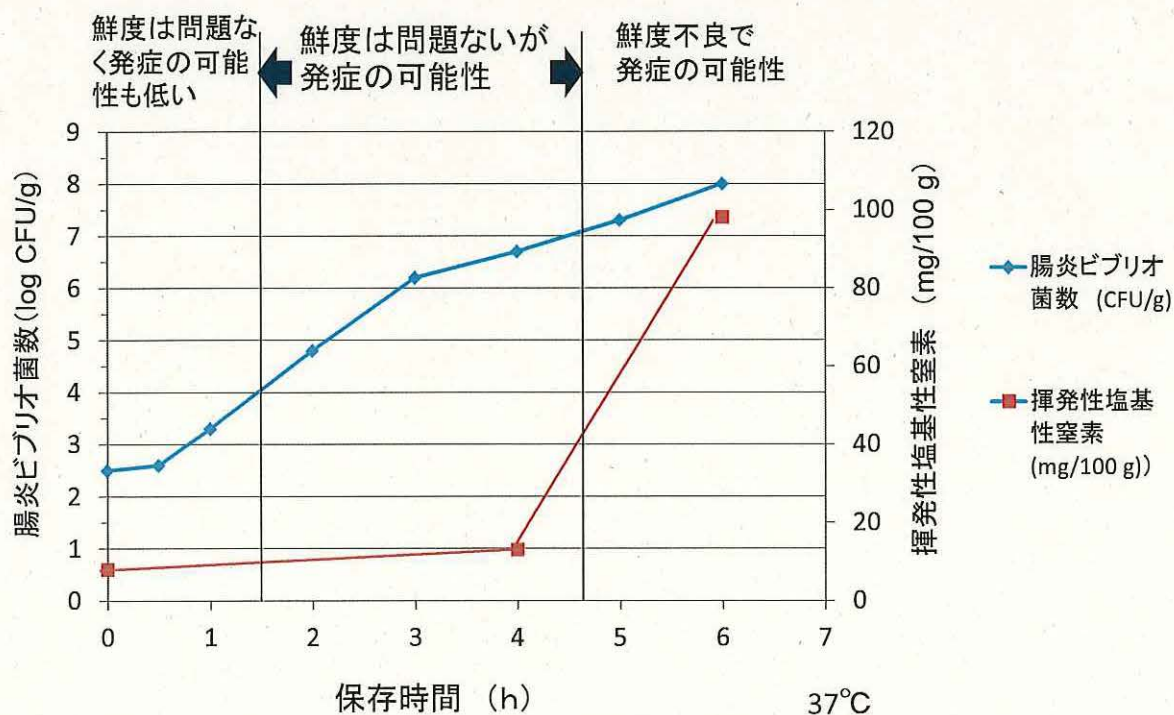
納豆の製造と成分変化



納豆の匂い



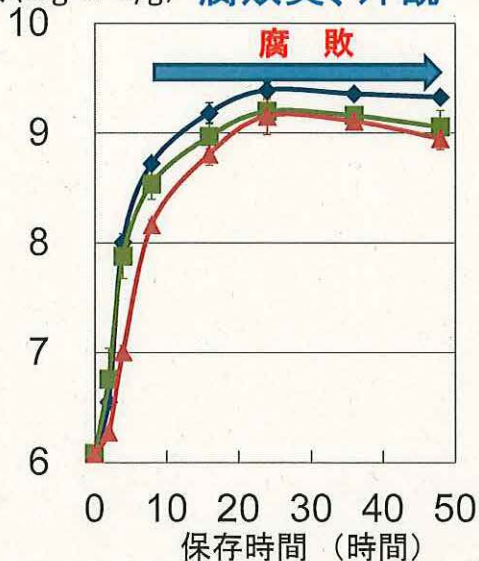
イカ肉の鮮度と腸炎ビブリオの増殖



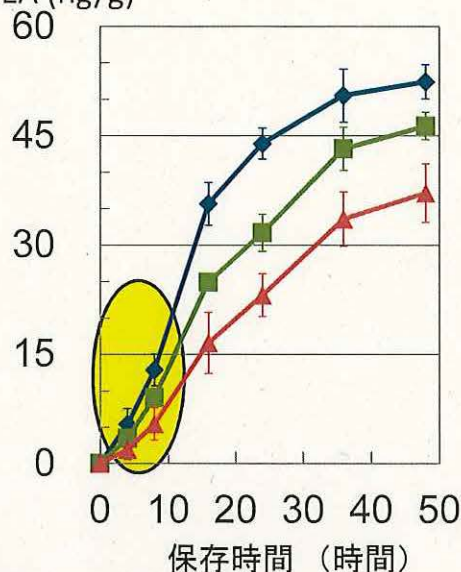
加藤博、日本細菌学会誌、20、541(1965)を改変

ご飯中の黄色ブドウ球菌毒素産出

菌数 (log CFU/g) 腐敗臭、外観



SEA (ng/g)



匂わないが毒素は産生している



科学的管理が必要

うまみ調味料の話

うま味って何？

質問	答え
いつ見いだされたか	1908年
誰が発見したのか	池田菊苗
何を探したのか	昆布だしのおいしさ
何から発見したのか	昆布
それは何だったのか	グルタミン酸ナトリウム
何と命名したのか	うま味 (Umami)

味と五原味

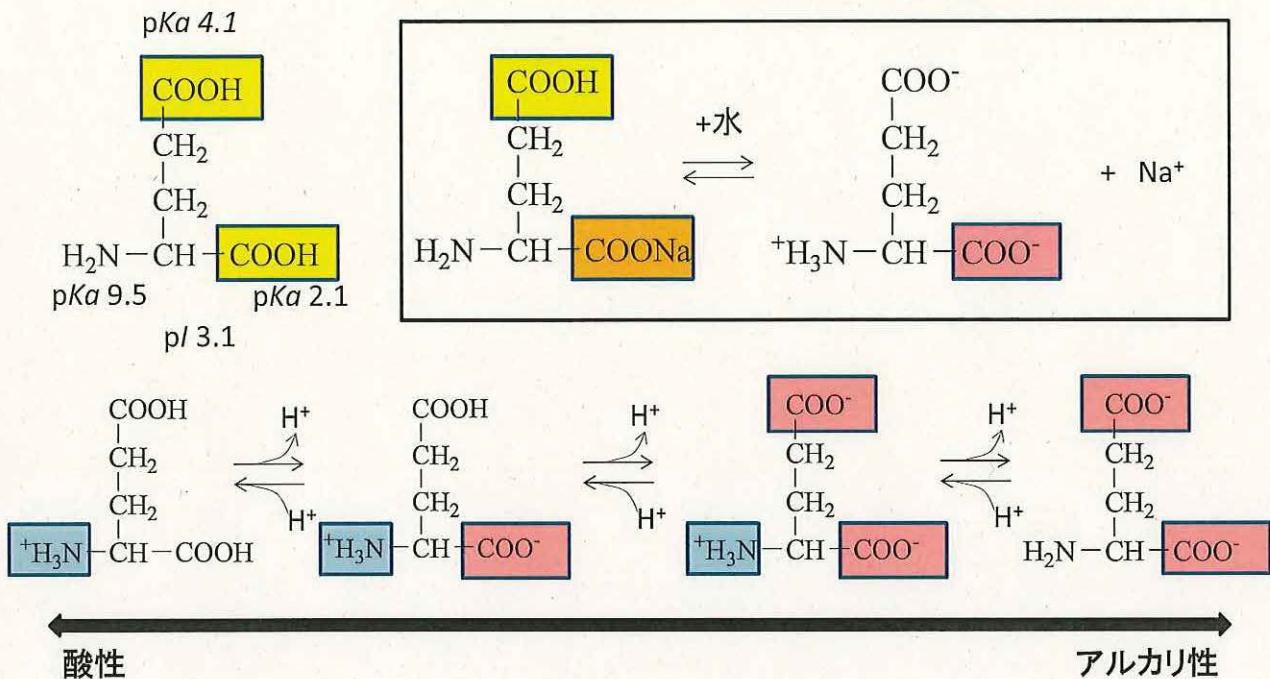
五原味	物質例	生理的意義
甘味	糖	エネルギー
うま味	グルタミン酸 ナトリウム	タンパク質
塩味	NaCl	ミネラル
苦味	カフェイン	異物
酸味	乳酸	発酵・腐敗

日本の10大発明(特許庁)

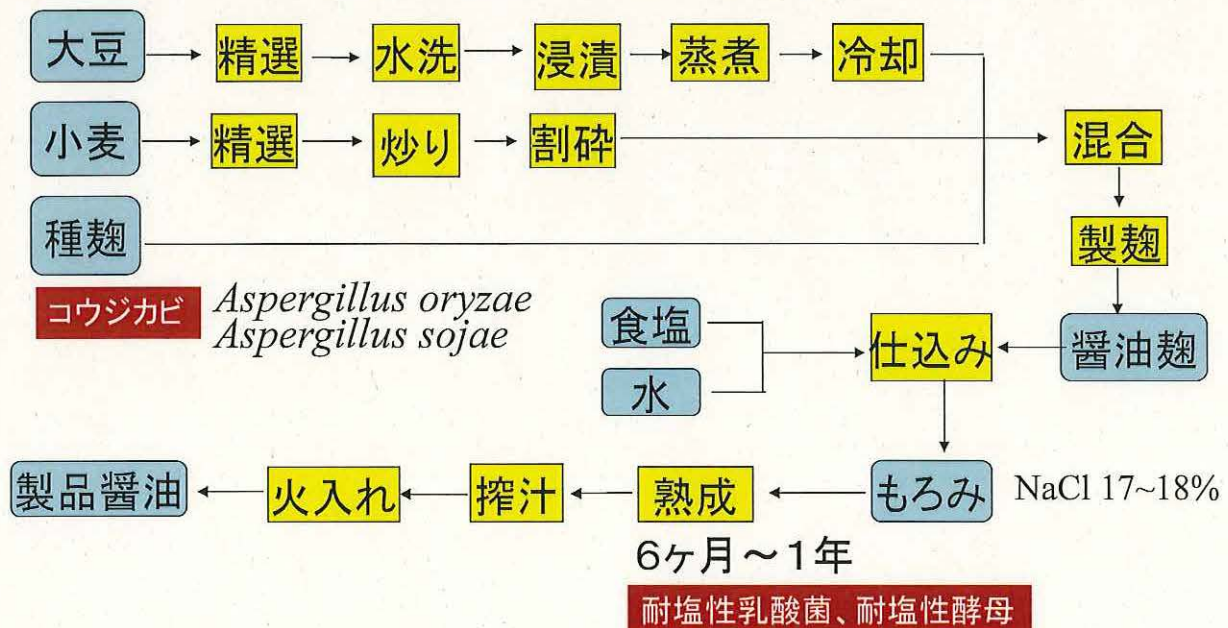
発明者	発明
豊田 佐吉	自動織機
御木本 幸吉	真珠養殖
高峰 譲吉	タカジアスターゼ、アドレナリン
池田 菊苗	グルタミン酸ナトリウム
鈴木 梅太郎	ビタミンB1、ビタミンA
杉本 京太	邦文タイプライター
本多 光太郎	KS鋼(磁石)
八木 秀次	八木アンテナ
丹羽 保次郎	NF式写真電送機
三島 徳七	MK鋼(磁石)

グルタミン酸とグルタミン酸ナトリウム

物質の解離とイオン

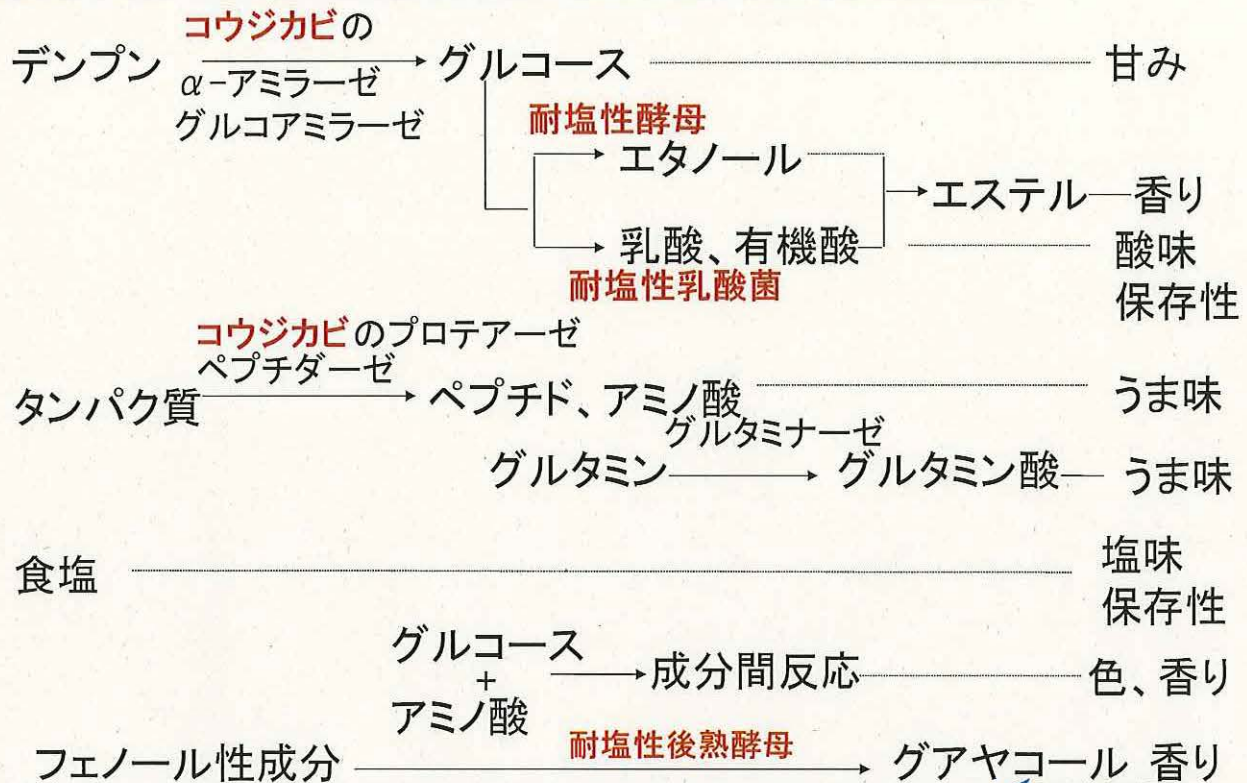


醤油の製造工程と微生物



Tetragenococcus halophilus
Zygosaccharomyces rouxii
Candida versatilis

醤油の製造で起こる化学変化



醤油に食中毒菌がはえない理由

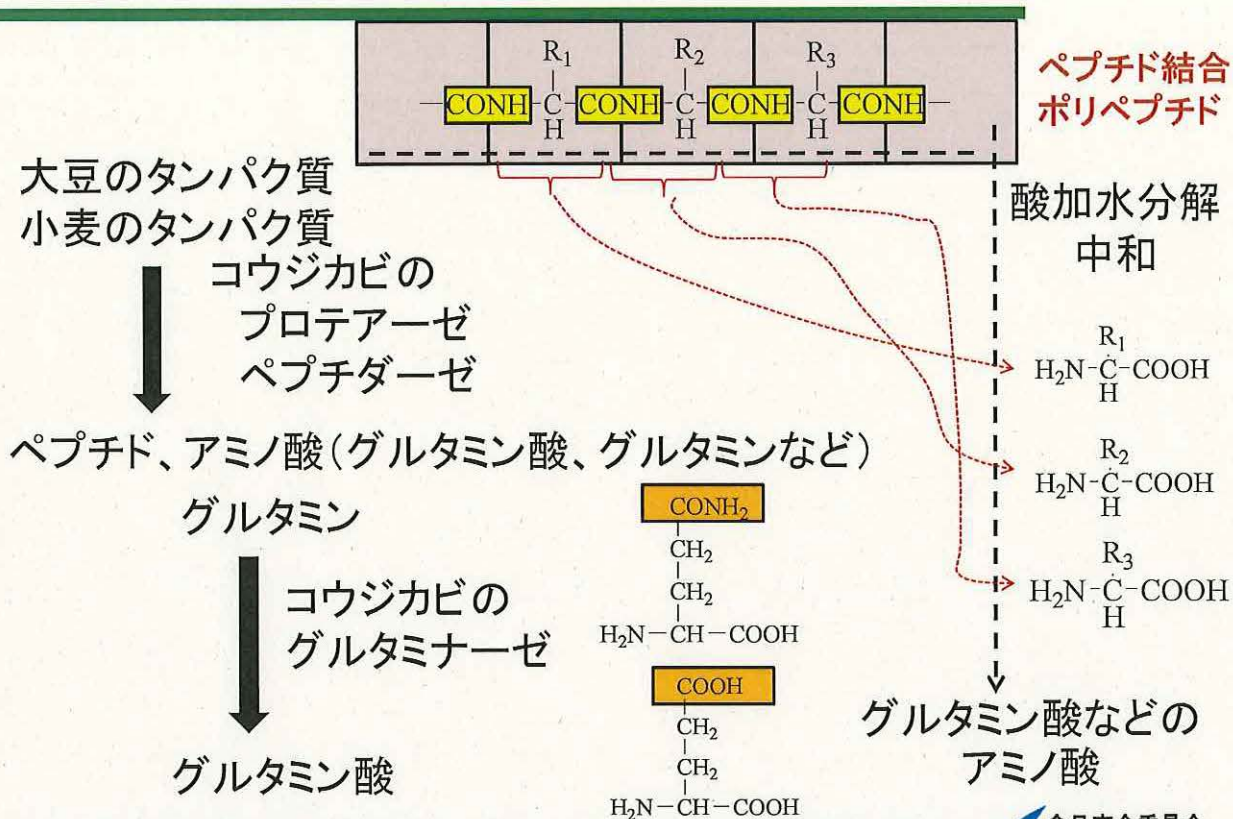
- 高濃度の食塩（低水分活性）
- 低pH（乳酸発酵）
- アルコール（アルコール発酵）

水分活性 微生物が利用できる水の指標
高濃度のNa⁺とCl⁻が、水を束縛して水分活性を下げる
一般的細菌は0.9以上で生育
醤油の水分活性は0.9未満

pH 細菌は中性付近でよく生育する
醤油のpHは5付近

アルコール アルコールはタンパク質を変性、膜を破壊
醤油のアルコール濃度は2%程度

醤油の製造とグルタミン酸

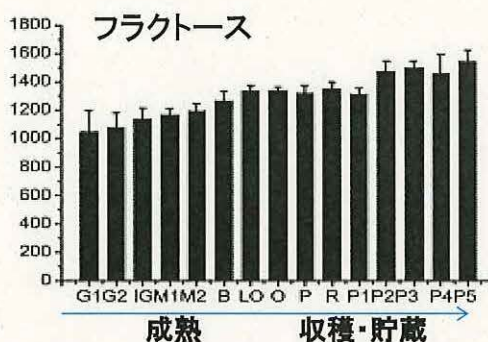
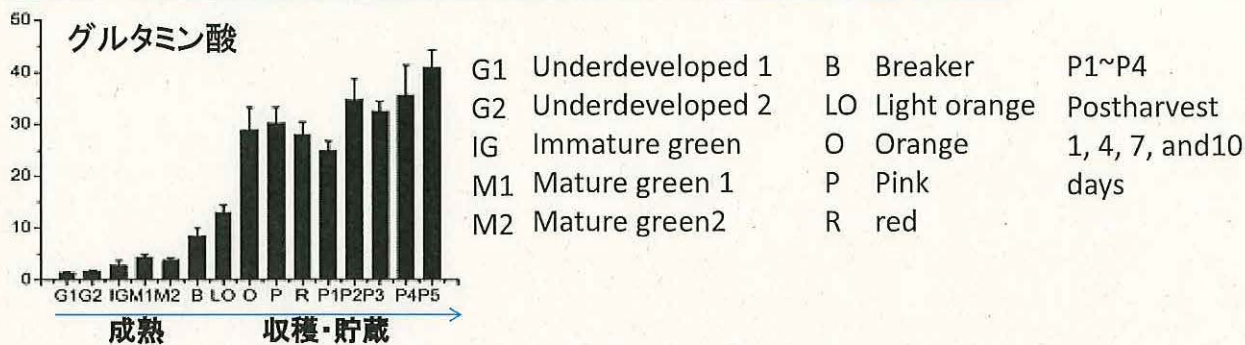


遊離グルタミン酸の多い食物

食品	グルタミン酸 (mg/100 g)	食品	グルタミン酸 (mg/100 g)
マコンブ	4100	エメンタールチーズ	453
醤油	782	チェダーチーズ(熟成7か月)	346
米麴味噌	340	チェダーチーズ(熟成3か月)	315
魚醤(いしる)	1383	チェダーチーズ(熟成0か月)	45
魚醤(ナンプラー)	950	熟成生ハム(3種)	504~650
糸引き納豆	760	和牛肉もも(貯蔵7日)	21.4
トマト	40~300	和牛肉もも(貯蔵0日)	2.8

参考 日本栄養・食糧学会食品「遊離アミノ酸含量表」
日本家政学会誌vol.63 No.11 745~749(2012)

トマトの成熟に伴うグルタミン酸の増加



数値は内部標準に対する相対値

Oms-Oliu, G.ら; Postharvest Biol. Technol., 62, 7-16 (2011).

核酸系のうま味成分の発見

核酸系調味料

児玉新太郎

1913年

かつお節のうま味

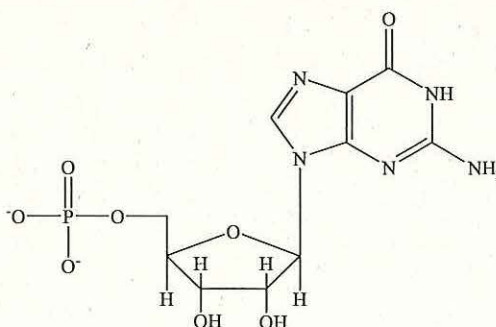
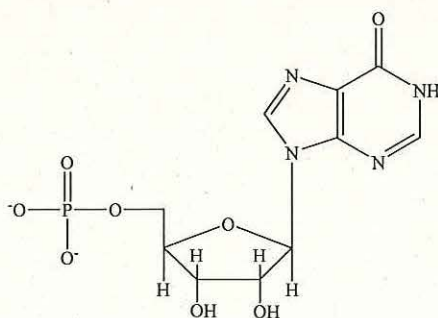
イノシン酸

國中 明

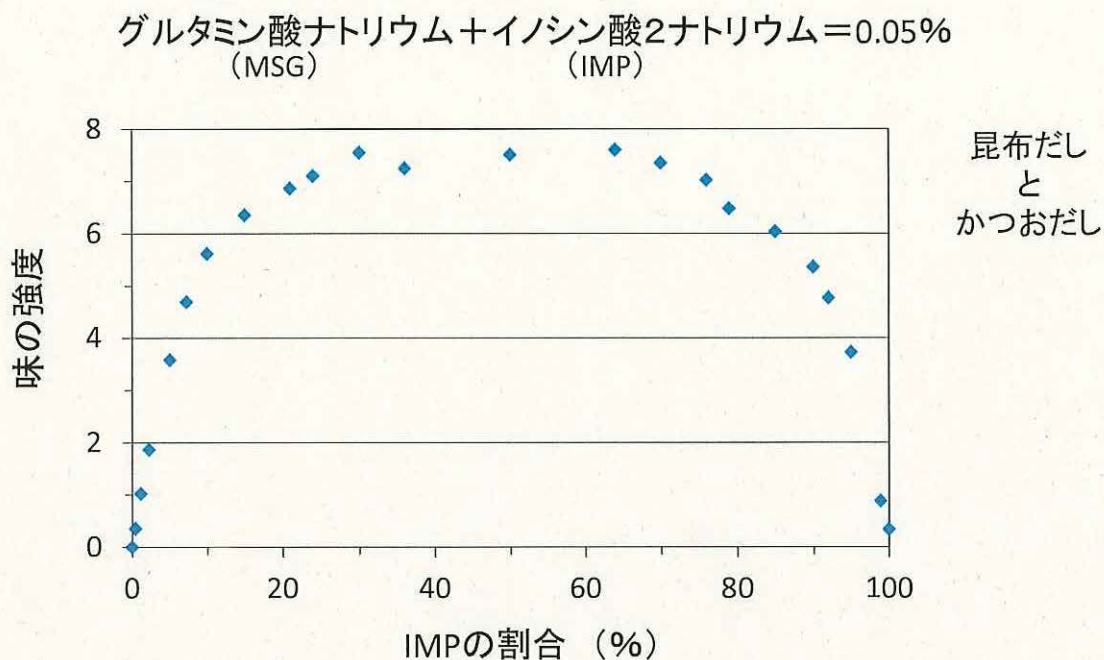
1960年

干しシイタケ

グアニル酸 相乗効果



うま味の相乗効果



Yamaguchi, J Food Sci., 32, 473 (1967)より一部改変

グルタミン酸の製法

1908年～1950年代 抽出法

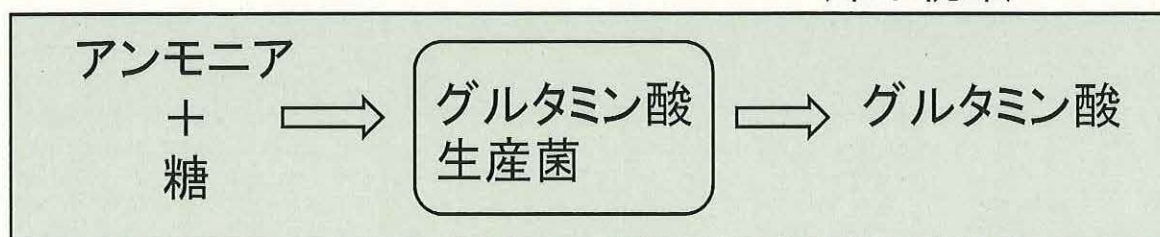
小麦を塩酸加水分解→濃縮→
塩酸塩を結晶化→ナトリウム塩にして結晶化
(原料を大豆に変更)

1955年～1970年代 合成法

化学合成→光学分割

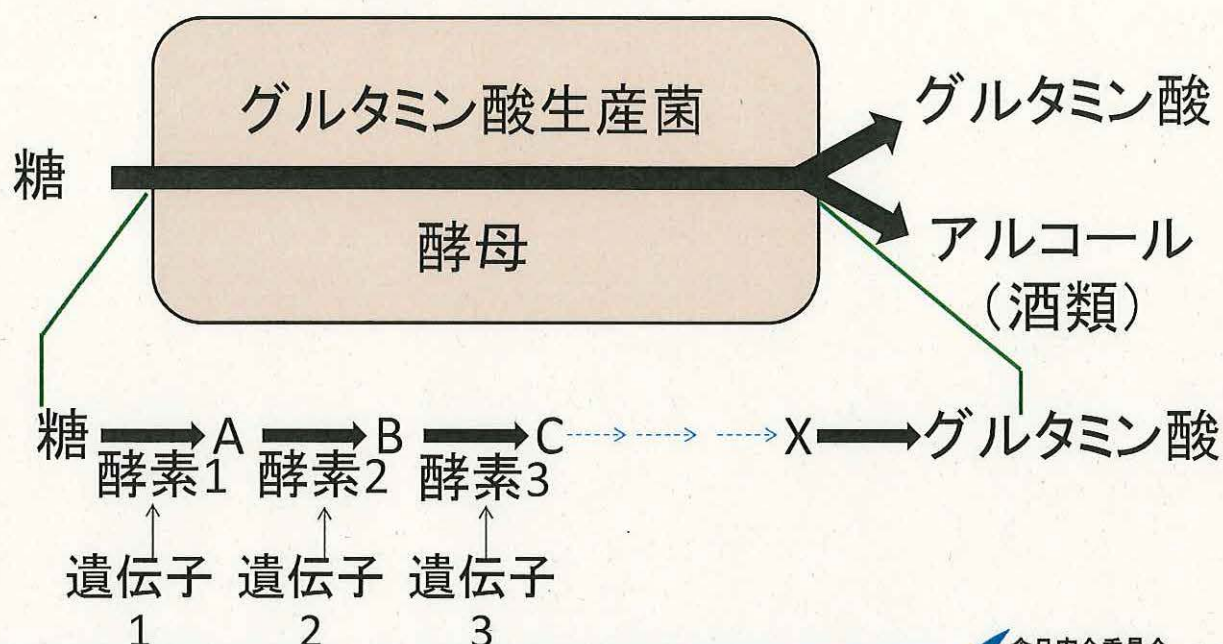
1956年～現代 発酵法

グルタミン酸生産菌の発見
(木下祝郎)



発酵と酵素

微生物が自分の持っている酵素系を利用して、何かを生産：発酵、醸造食品



グルタミン酸ナトリウムの安全性

通常の生体成分である。
多くの毒性試験で問題なし。

➡ 指定添加物

摂取量推計 1.29 g/日/人
食事性タンパク質由来吸収量
約6 g/日/人

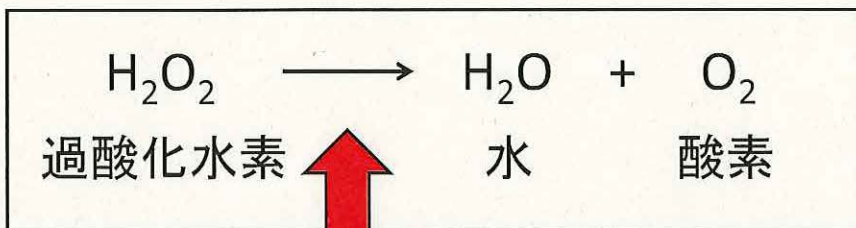
JECFA: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

ADI → 特定する必要なし (2004, 1987)

No safety concern at current levels of intake when used as a flavouring agent. the substance is a macronutrient and a normal component of protein and, as such, human exposure through food is orders of magnitude higher than the anticipated level of exposure from use as a flavouring agent. The group ADI 'not specified' established at the thirty-first meeting for L-glutamic acid and its ammonium, calcium, monosodium, magnesium and potassium salts was maintained at the sixty-third meeting.

酵素とは何？ 触媒と酵素

基質 → 反応生成物 化学反応



促進

二酸化マンガン MnO_2

触媒 化学反応を進みやすくさせるもの

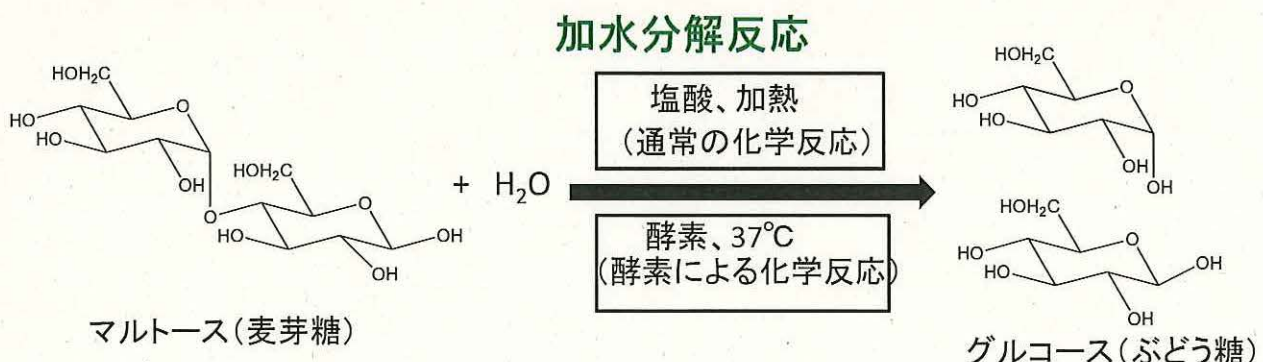
カタラーゼ

酵素 生体内で化学反応を進みやすくさせるもの
タンパク質、補酵素、ビタミン、金属

酵素の特徴

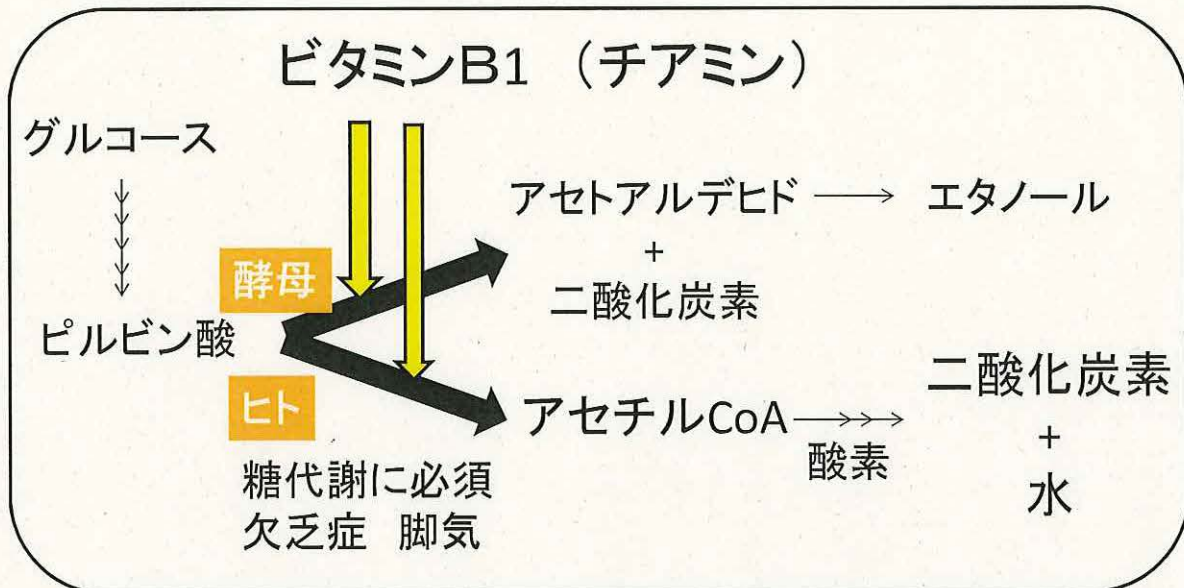
アミラーゼ
タカジアスターゼ
プロテアーゼ
ペプチダーゼ
リパーゼ
消化酵素

タンパク質である
触媒する化学反応が異なる
基質が特異的である
室温付近で反応を促進する



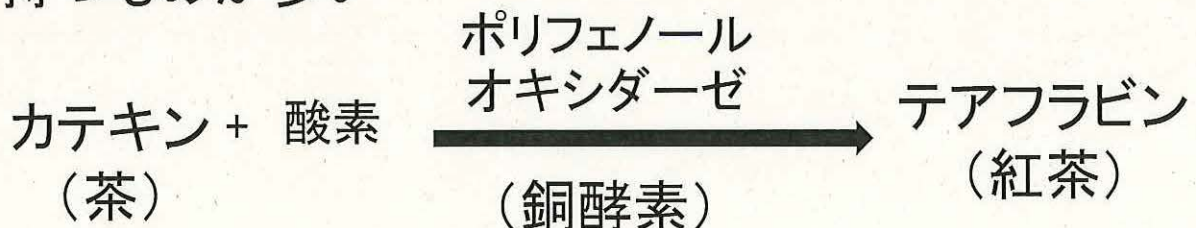
ビタミンと酵素

ビタミンの多くは、酵素の補因子で、触媒としての働きを担っている



金属と酵素

酸化還元を触媒する酵素は重金属を補因子として持つものが多い



食品添加物の金属もある

Ex. グルコン酸亜鉛

亜鉛は、様々な酵素に必要

DNAポリメラーゼ、RNAポリメラーゼ、アルコールデヒドロゲナーゼ、アルカリフォスファターゼなど
亜鉛欠乏症 皮膚炎、味覚障害

食品添加物としての酵素(酵素剤)

アスパラギナーゼ

アガーゼ
 アクチニジン
 アシラーゼ
 アスコルビン酸オキシダーゼ
 α-アセトラクタートデカルボキシラーゼ
 アミノペプチダーゼ
 α-アミラーゼ
 β-アミラーゼ
 アルギン酸リアーゼ
 アントシアナーゼ
 イソアミラーゼ
 イソマルトデキストラナーゼ
 イヌリナーゼ
 インペルターゼ
 ウレアーゼ
 エキソマルトテトラオヒドロラーゼ
 エステラーゼ
 カタラーゼ
 α-ガラクトシダーゼ
 β-ガラクトシダーゼ
 カルボキシペプチダーゼ
 キシラーゼ
 キチナーゼ
 キトサナーゼ

グルカナーゼ
 グルコアミラーゼ
 α-グルコシダーゼ
 β-グルコシダーゼ
 α-グルコシルトランスフェラーゼ
 グルコースイソメラーゼ
 グルコースオキシダーゼ
 グルタミナーゼ
 酸性ホスファターゼ
 シクロデキストリングルカノ
 トランスフェラーゼ
 セルラーゼ
 タンナーゼ
 5'-デアミナーゼ
 デキストラナーゼ
 トランスグルコシダーゼ
 トランスグルタミナーゼ
 トリプシン
 トレハロースホスホリラーゼ
 ナリンジナーゼ
 パーオキシダーゼ
 パパイン
 パンクレアチン
 フィシン

フィターゼ
 フルクトシルトランスフェラーゼ
 プルラーナーゼ
 プロテアーゼ
 プロメライン
 ペクチナーゼ
 ヘスペリジナーゼ
 ペプシン
 ペプチダーゼ
 ヘミセルラーゼ
 ホスホジエステラーゼ
 ホスホリパーゼ
 ポリフェノールオキシダーゼ
 マルトースホスホリラーゼ
 マルトトリオヒドロラーゼ
 ムラミダーゼ
 ラクトパーオキシダーゼ
 リゾチーム
 リパーゼ
 リボキシゲナーゼ
 レンネット

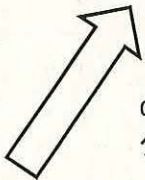
異性化糖の製造とグルコースイソメラーゼ

グルコースイソメラーゼ

グルコース $\longleftrightarrow$ フラクトース

異性化糖

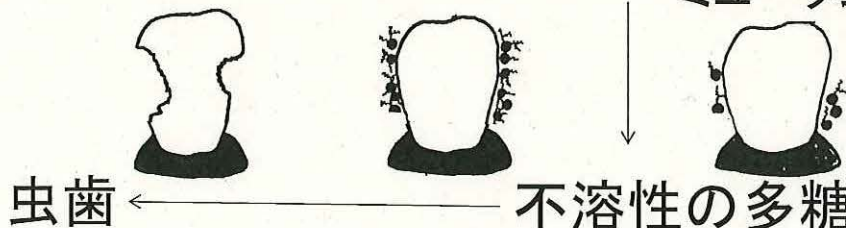
グルコースより2倍程度甘い


 デンプン

α-アミラーゼ
 グルコアミラーゼ

スクロース

ミュータンス菌



虫菌

不溶性の多糖

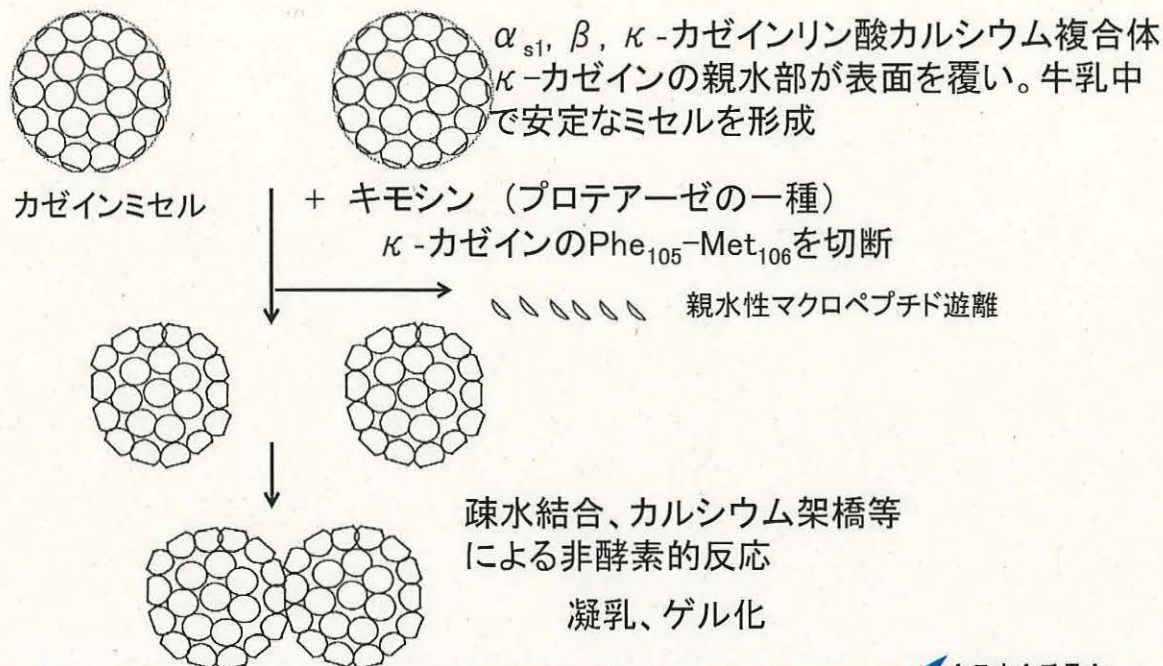
ミュータンス菌が糖から乳酸を生成

キモシン(レンネット)とチーズ製造

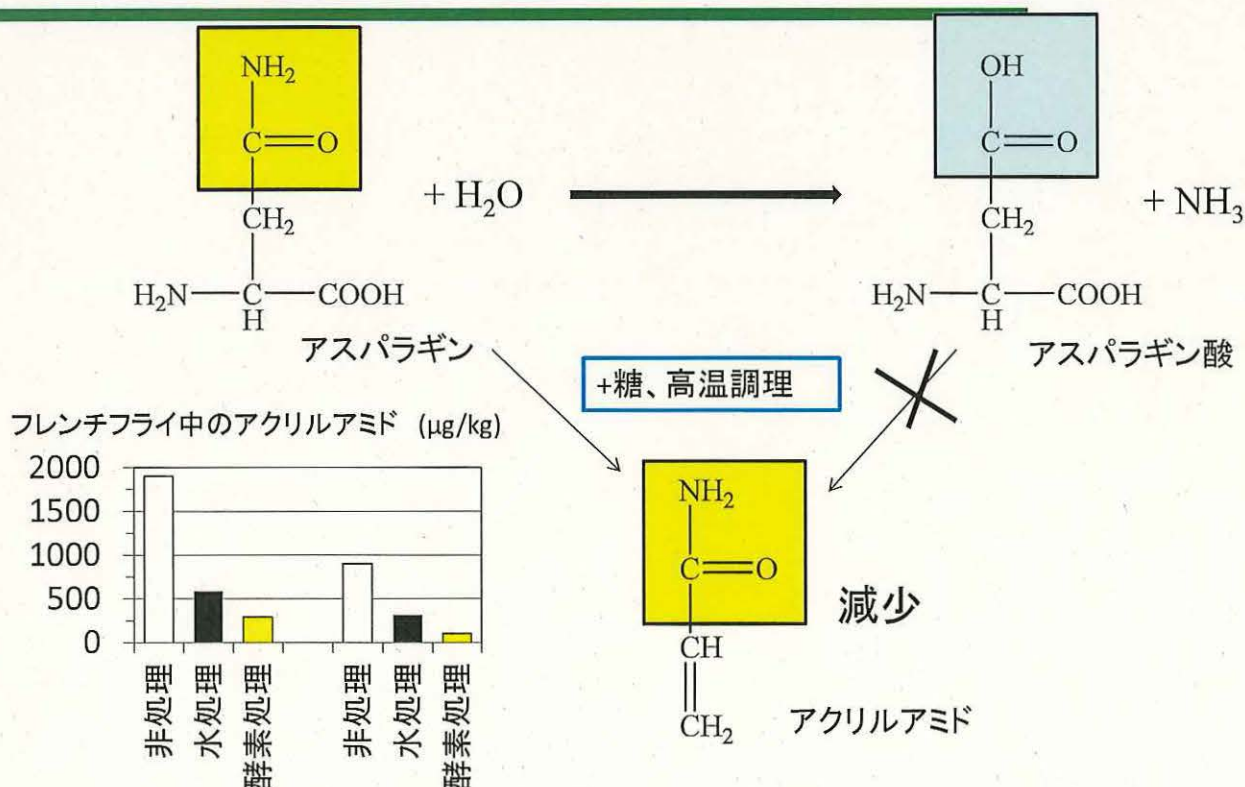
反すう動物の第四胃

糸状菌 (*Rhizomucor miehei*)

酵母 (*Kluyveromyces lactis*)、大腸菌 (*Escherichia coli*) など



アスパラギナーゼ



酵素の安全性

酵素はタンパク質、触媒量しか使わない
分解されてアミノ酸になることが明らかな場合は、データを省略できる

基原微生物の安全性

酵素製剤の安全性

90日間反復投与毒性試験 げっ歯類
遺伝毒性試験
アレルギー誘発性の考察

酵素評価書の例

Aspergillus niger ASP-72株を用いて生産された
アスパラギナーゼ（H26年1月）

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| I. 評価対象品目の概要 | IV. 国際機関等における評価 |
| II. 一日摂取量の推計等 | 1. JECFA |
| III. 安全性に係る知見の概要 | 2. 米国 |
| 1. 生産菌株の安全性 | 3. 欧州 |
| (1) 非病原性の確認 | 4. その他の国 |
| (2) 非毒素産生性の確認 | 5. 我が国 |
| (3) その他 | |
| 2. 本品目の安全性 | V. 食品健康評価 |
| (1) 体内動態（消化管内での分解性等） | |
| (2) 毒性 | |

食品健康影響評価

- 「酵素が消化管内で分解して食品常在成分になることが科学的に明らかである場合」に該当すると判断したことから、本品目の安全性について、同指針に基づき、遺伝毒性、反復投与毒性、アレルギー性等に係る試験成績を用いて評価を行うこととした
- 遺伝毒性、反復投与毒性及び発生毒性の懸念はないと判断した
- 添加物として適切に使用される場合、本品目が易消化性であり、既存アレルギーとの相同性が認められないことから、本品目のアレルギー性の懸念は極めて低いと判断した

食品健康影響評価(続き)

- 最高用量から得られたNOAEL 1,038 mg/kg体重/日と、本品目の推定一日摂取量0.549 TOS/kg体重/日とを比較して得られる安全マージンが十分であること及び本品目が食経験のある基原微生物である*A. niger*を用いて生産されることを勘案して、本品目について、添加物として適切に使用される場合、安全性に懸念がないと考えられ、ADIを特定する必要はないと判断した

まとめ

- 微生物側から見ると発酵と腐敗に差はない
⇒微生物中の酵素による化学反応
- 微生物学的安全性確保には科学的管理が必要
- うま味は日本で発見された五原味の一つ
- うま味成分は微生物を利用して生産、添加物として利用されている
- 酵素は、タンパク質を主成分とする生体触媒
- 酵素も添加物としても使用されるが、安全性は評価されている

**ご清聴
ありがとう
ございました**

