

東北ハイテク研セミナー

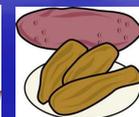
2019年12月17日

「岩手でのサツマイモ栽培の今とこれから」

サツマイモの新規加工法

- ブランチング・殺菌・減圧乾燥装置を使用した干し芋 -

国立大学法人岩手大学 農学部
 応用生物化学科 食品工学研究室
 三浦 靖, 伊藤綾香

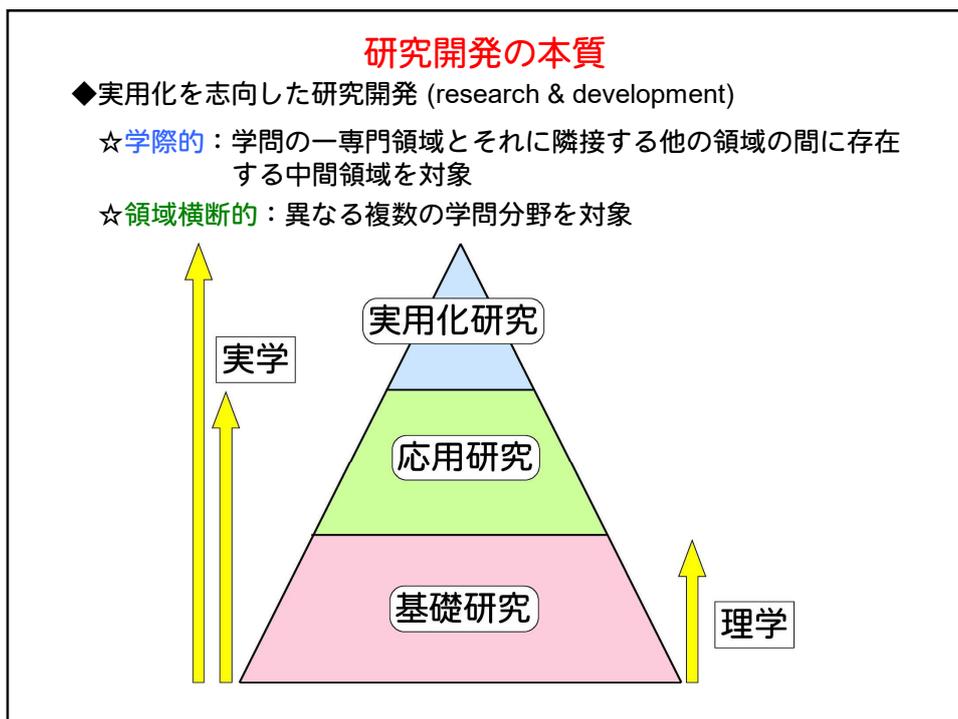


1

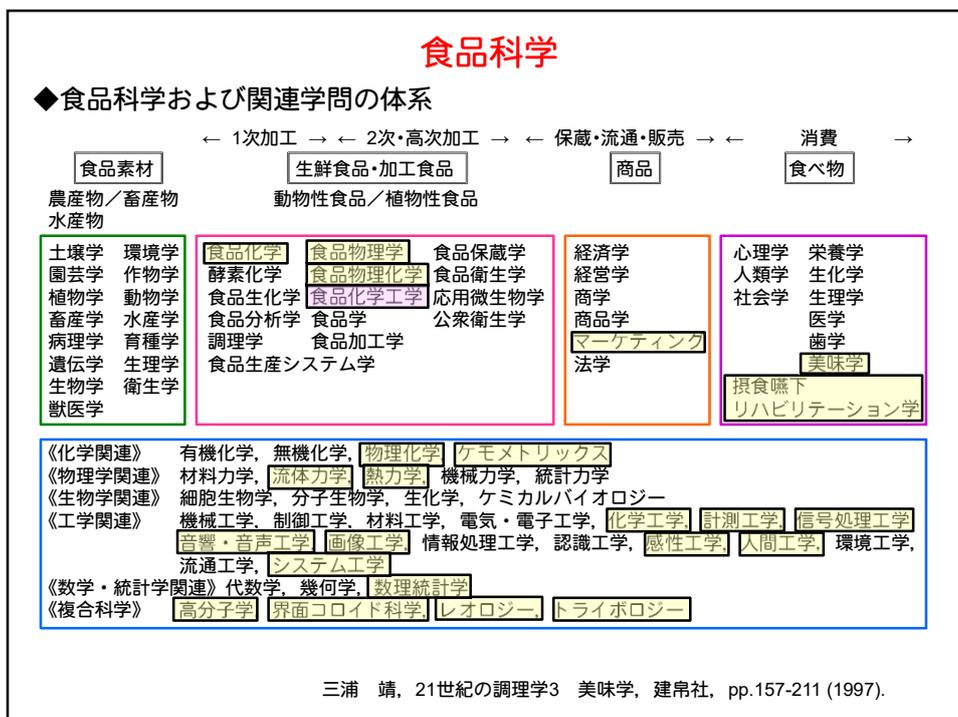
産学官金民連携研究

- 「産」 民間企業やNPO等広い意味での商業的活動をする集団
★研究開発を経営活動に直接に結び付ける
 - 「学」 大学, 高等専門学校, 公設試験研究機関, 政府系試験研究機関等のアカデミックな活動集団
★新しい知の創造や優れた人材の養成・輩出, 知的資産の継承
 - 「官」 国家機関や地方公共団体
★科学技術の向上を目指した政策の構築, 具体的な戦略目標に基づく研究開発基盤形成や制度改善
 - 「金」 金融機関
★研究開発費の融資・助成
 - 「民」 一般の生活者
★日常生活面からのニーズ提供
- 【当事者に必要な素養】
直感 (intuition), 想像力 (imagination), 気力 (vitality)
- 【多い事例】
シーズ型 : 他人事 (共に額に汗することが肝要)
 開始前から要らぬ心配 (開発失敗の危険性は当たり前)
ニーズ型 : 技術相談→× (初めはあって, 後はなし)

2



3



4

食品の加工

◆農林畜水産物の高度加工



5

食品の加工

【加熱・冷却 (heating and cooling)】

伝導伝熱 (conduction heat transfer)

Fourierの熱伝導法則 $q = \frac{k\Delta T}{L}$

q , 熱流束 [$\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]= $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] k , 熱伝導率 [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

L , 熱の移動距離 [m]

k : 空気 0.0259(20°C) 水 0.594(20°C) 氷 2.337(-15°C)

対流伝熱 (convection heat transfer)

自然対流伝熱, 強制対流伝熱

Newtonの冷却法則 $q = h(T_1 - T_0)$

h , 熱伝達率 [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]

T_0 , 固体から十分に遠い位置の流体温度 [K]

T_1 , 固体壁の温度 [K]

放射伝熱 (radiation heat transfer)

Stefan-Boltzmannの法則 $Q = \sigma\xi AT^4$

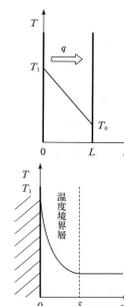
Q , 放射伝熱量[W]

σ , Stefan-Boltzmann定数 [$5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^{-4}$] ξ , 熱放射率 [-]

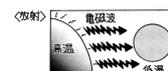
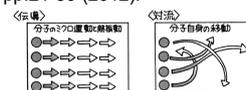
※人体は99.2 W/m²の発熱 (体温36°C, 周囲温度20°C)

凝縮伝熱 (heat transfer in condensation)

水の蒸発潜熱 (1 atm, 100°C, 2,254kJ/kg)



酒井 昇, 食品工学, 朝倉書店, pp.21-30 (2012).



化学工学会SCE・Net編, はじめて学ぶ熱・エネルギー, 工業調査会, p.87 (2007).

6

食品の加工

【乾燥 (drying)】

熱的・拡散的な固液分離 (solid-liquid separation) 操作

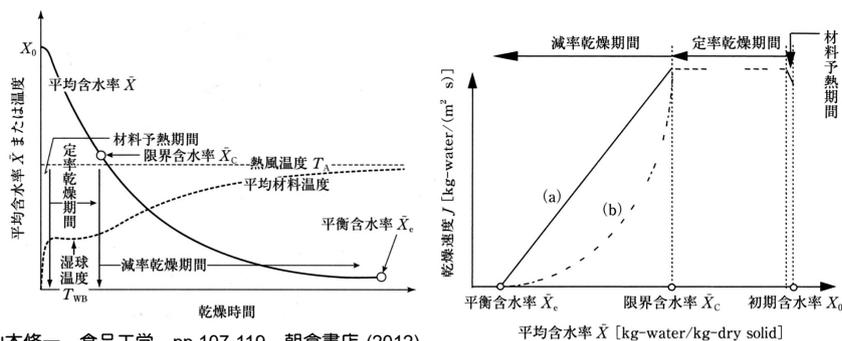
cf. 機械的な固液分離操作：沈降 (sedimentation), 濾過 (filtration)

食品 → 水蒸気

中心層 ⇒ 表層 ↑ 蒸発潜熱

水蒸気の移動, 水の拡散

- 材料予熱期間 → 定(恒)率乾燥期間 → 減率乾燥期間
- 初期含水率 → 限界含水率 → 平衡含水率



7

食品の加工

◆ 乾燥装置

(1) 日本工業規格 (JIS Z8840) による機械的構造の観点

バンド型乾燥装置, 流動層型乾燥装置, 通気型乾燥装置, 気流型乾燥装置,
 回転型乾燥装置 (回転型乾燥装置, 回転型通気乾燥装置), 噴霧乾燥装置,
 攪拌型乾燥装置, 箱型乾燥装置 (並行流箱型乾燥装置, 通気箱型乾燥装置,
 真空箱型乾燥装置, 真空凍結箱型乾燥装置)

ドラム型乾燥装置,

真空乾燥装置 (真空箱型乾燥装置, 真空攪拌乾燥装置, 真空回転乾燥装置,
 真空ドラム乾燥装置, チェーンベルト式真空乾燥装置, ベルト式連続真空乾燥
 装置, 噴射式連続真空乾燥装置, 真空凍結乾燥装置, 瞬間真空乾燥装置,
 真空コニカル型乾燥装置, 真空流動層型乾燥装置)

マイクロ波連続流動乾燥装置 (2,450MHz), パルス衝撃波乾燥装置 (百数十～
 数百Hz), 媒体流動型乾燥装置, 泡沫乾燥装置

(2) 伝熱方式の観点

- 対流伝熱乾燥式 (バンド型乾燥機, 気流型乾燥機, 噴霧型乾燥機,
 箱型乾燥機, 攪拌型乾燥機, 回転型乾燥機, 流動層型乾燥機など)
- 伝導伝熱乾燥式 (攪拌型乾燥機, 壁加熱式や伝熱管内蔵式の回転型乾燥機,
 ドラム型乾燥機, 真空バンド型乾燥機, 真空凍結型乾燥機など)
- 放射伝熱乾燥式
- その他 (マイクロ波乾燥機, 過熱水蒸気乾燥機など)

8

食品の加工

- (3) 湿り材料の攪拌方法の観点
静置型, 機械的攪拌型, 気流流動化型, 気流・振動流動化型, 気流移送型
- (4) 操作方法の観点
回分型, 連続型
- (5) 熱風の流れの観点
並流型, 交流型
- (6) 熱源の観点
水蒸気式, 電気式, 燃焼ガス式, 遠赤外線式, マイクロ波式
- (7) 操作圧力の観点
常圧型, 減圧型 (400~6,666 Pa), 真空型 (13~133 Pa)

★農林水産省：「知」の集積と活用場 産学官連携協議会
「常温流通可能な加工食品開発プラットフォーム」
通称「ゆるドライ・プラットフォーム」
構成員 (2019年12月17日現在)
株アルバック, アルバック東北株, 岩手大学, 八戸工業大学
(合同)マルカネ, (有)北三陸天然市場
※参画企業を募集中

9

食品の加工

【拡散 (diffusion)】

粒子, 熱, 運動量などが自発的に散らばり広がる物理現象
各分子(原子)の熱運動に基づく物質の運動であり, 固体, 液体, 気体, 超臨界流体
(水, 二酸化炭素)中でも起きる

例：ヘリウムを充填した風船が数日経つとわずかにしぼむ
乾麺を茹でると水分子が内部へ拡散し, 膨潤して軟化する
匂い物質が気体として拡散する, 紅茶に入れた砂糖は溶解・拡散する

Fickの拡散第1法則

$$J = -D \cdot \frac{dC}{dx}$$

J, 流速 [kgまたはmol・m⁻²・s⁻¹] D, 拡散係数 [m²・s⁻¹]
C, 濃度 [kgまたはmol・m⁻³] x, 距離 [m]

・生物における拡散

単純拡散：特異的なチャンネルタンパク質を必要としない拡散
細胞膜の脂質部分を拡散する速度は, 極性分子よりも
非極性分子の方が高い

促進拡散：特定の物質が, それに特異的なチャンネルタンパク質を通して
高濃度側から低濃度側へ選択的に細胞膜を透過・移動する現象
極性分子やイオンの拡散は, 主として促進拡散による

※**受動輸送**：単純拡散と促進拡散

能動輸送：エネルギーにより濃度勾配に逆行して移動する現象

イオン拡散：濃度勾配と膜電位 (電気化学ポテンシャル) 勾配に依存

10

食品の加工

【微生物制御】

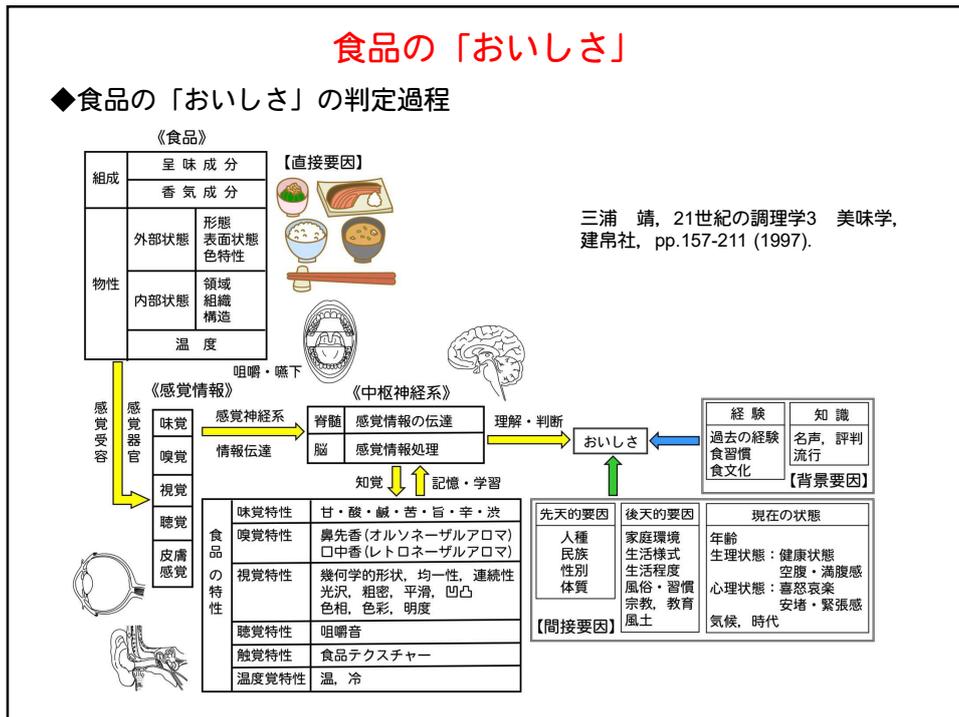
- **除菌** (disinfection) : 対象物から微生物を除去すること
- **静菌** (bacteriostasis) : 微生物を殺さないが、その増殖を抑制すること
- **殺菌** (pasteurization) : 微生物を殺滅することを指し、狭義には指標菌の殺滅
- **滅菌** (sterilization) : 全ての微生物を殺滅すること
 - ※食品では耐熱性芽胞菌をも完全に殺滅する条件を適用すると、食品の風味劣化や組織の破壊が生じて食品の品質が著しく損なわれる。商業滅菌として、これらの菌の残存はやむなしとしている場合が多い
- **化学的殺菌** (すべて非加熱殺菌)
 - (1) 化学合成殺菌剤
 - ① アルコール系殺菌剤 : エチルアルコール, イソプロピルアルコールなど
 - ② ハロゲン系殺菌剤 : 次亜塩素酸系殺菌剤, 二酸化塩素系殺菌剤, 有機塩素系殺菌剤, ヨウ素系殺菌剤など
 - ③ 過酸化系殺菌剤 : 過酸化水素, 過酢酸など
 - ④ 界面活性剤系殺菌剤 : カチオン性界面活性剤, アニオン性界面活性剤, 両性界面活性剤など
 - ⑤ ビグアニド系殺菌剤 : グルコン酸クロルヘキシジン, ポリヘキサメチレンビグアニジン塩酸塩など
 - ⑥ アルデヒド系殺菌剤 : グルタルアルデヒド, ホルムアルデヒドなど
 - ⑦ フェノール系殺菌剤 : フェノール, クレゾール, イルガサンDP300など
 - (2) ガス系殺菌剤 : ホルムアルデヒド, 酸化エチレン, 酸化プロピレン, オゾン, 臭化メチル, 1,2-ジプロモエタン, β -プロピオラクトンなど

11

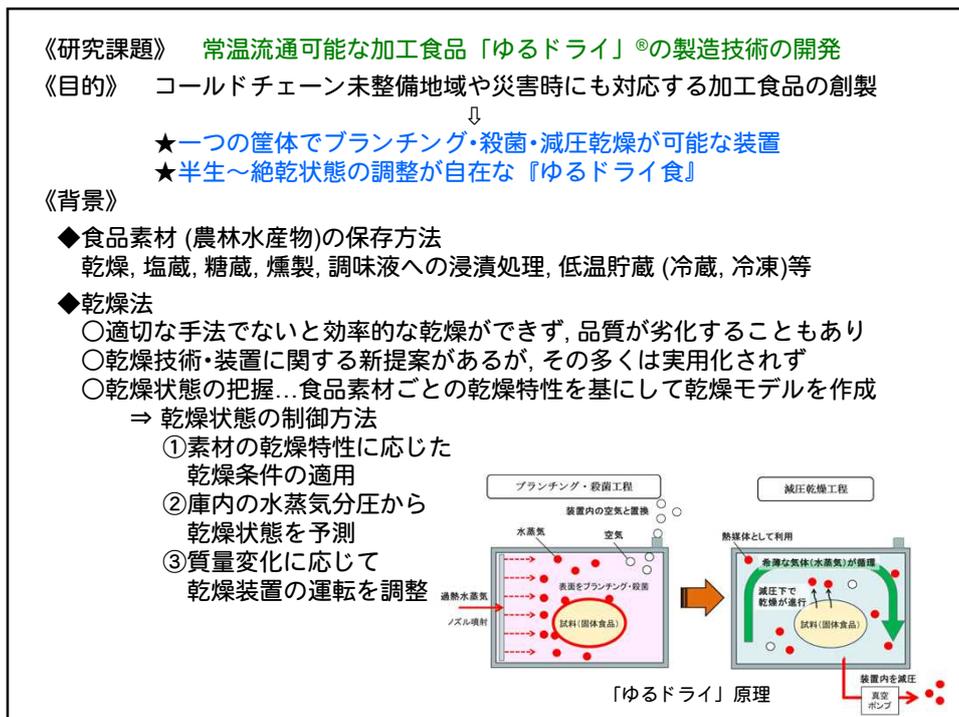
食品の加工

- **物理的殺菌法**
 - (1) **加熱殺菌法** : 乾熱殺菌法, 湿熱殺菌法, 過熱蒸気殺菌法, 通電加熱殺菌法, 遠赤外線殺菌法, 赤外線殺菌法など
 - ※処理温度での分類 (牛乳の場合)
 - 低温保持殺菌 (LTLT法) : 65~68°C, 30分間
 - 高温短時間殺菌 (HTST法) : 72~78°C, 15秒間程度
 - 超高温瞬間殺菌 (UHT法) : 120~135°C, 1~3秒間
 - UHT滅菌 : 135~150°C, 1~3秒間
 - (2) **非加熱殺菌法**
 - ① 圧力利用 : 瞬間除圧式殺菌法 (100~500MPa)
 - 凍結高圧殺菌法
 - 超音波殺菌法 (20kHz, 150 W程度)
 - 衝撃波殺菌法 (衝撃圧縮圧1GPa程度)
 - 高圧二酸化炭素殺菌法 (数十MPa)
 - マイクロバブル超臨界二酸化炭素殺菌法
 - ② 電場利用 : 高圧パルス電場殺菌法 (印加パルス電圧30~50kV, 電場強度27~100kV \cdot cm⁻¹, 100 Hz程度)
 - ③ 磁場利用 : 動的磁場殺菌法 (5~50 T, 5~500kHz)
 - ④ 電磁場利用 : マイクロ波殺菌法
 - 紫外線殺菌法
 - パルス閃光殺菌法 (200~900nm, 200パルス程度)
 - ⑤ 放射線利用 : 電波放射線殺菌法 (X線, γ 線)
 - 荷電粒子線殺菌 (低エネルギー電子線殺菌, 300keV以下)

12



13



14

蒸し切り干し(干し芋)

《ねっとり系》

- 品種：シルクスweet (HE306)
命名登録：カネコ種苗株で開発され、2012年から種苗販売が開始。
「春こがね」-「紅まさり」交配。品種登録出願中
品質特性：収穫してすぐはやや粉質で、蒸し芋の肉質は「やや粉」であるが、貯蔵することで粘質へと変わり甘くなる
- 品種：ベにはるか (農林64号)
命名登録：2008年
品質特性：標準栽培において、蒸し芋の肉色は「黄白」、肉質は「やや粉」、繊維は「中」、黒変度は「中」。食味は「上」で「高系14号」より優れる
- 品種：クイックスweet (農林57号)
命名登録：2002年
品質特性：蒸し芋の肉色は「淡黄色」、肉質は「中」、繊維は「中」。食味は「やや上」で「高系14号」に優り、「ベニアズマ」からやや劣る。澱粉粒は亀裂の入った特異な形態、「ベニアズマ」等一般的な品種に含まれる澱粉の糊化温度より20℃程度低い(50℃程度)。「ベニアズマ」に比べ半分程度の時間で、蒸し芋の糖度が最高値に達する。早堀りでも食味がよい。

17

蒸し切り干し(干し芋)

- 品種：ベニマサリ(農林55号)
命名登録：2001年
品質特性：標準栽培において、蒸し芋の肉色は「淡黄」、肉質は「やや粘」、蒸し芋の繊維は「中」、黒変度は「やや多」。蒸し芋の甘味が強く、食味は「上」で高系14号より優れる
- 品種：安納芋「安納紅」「安納こがね」
命名登録：1998年
品質特性：どちらも水分が多く粘質性で、焼くとネっとりとした食感
☆主な用途
焼き芋、スイートポテト、蒸し切り干し(干し芋)

18

蒸し切り干し(干し芋)

◆品種：安納こがね (ねっとり系)

◆加工条件：

1. 80℃で1時間半, 100℃で2時間蒸煮
2. 53℃で○時間, 30℃で○時間減圧乾燥



蒸煮品

水分含量 64.28%(w/w)

水分活性 0.96

乾燥品

水分含量 * * %(w/w)

水分活性 * *

【今後の展開】

- ・名称の通りに, 製造工程は「蒸煮 → 剥皮・トリミング・切断 → 乾燥」
- ※調理後の非酵素的黒変：元来存在している2価鉄イオンが加熱により酸化して3価鉄イオンになり, これがポリフェノール類 (特にクロロゲン酸)に結合して黒色複合体を形成
- ・蒸煮工程では, 澱粉を十分に糊化させる (温度, 時間が重要因子)
- ・「ホクホク系」「ねっとり系」原料で食味・食感を作り分け？