

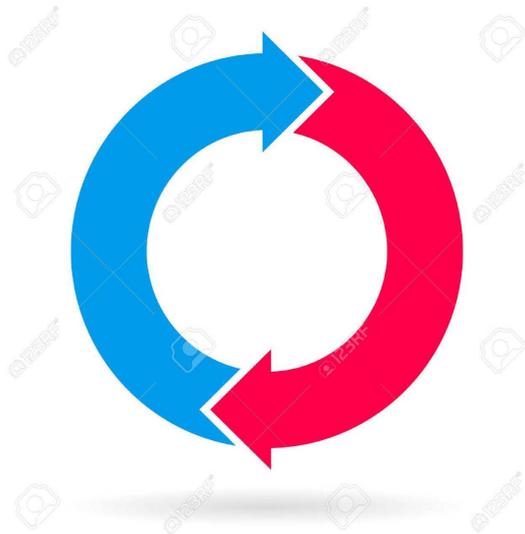
低せん断・循環式磨砕による 農産食品の高機能ペースト化

筑波大学 生命環境系 教授 北村 豊

2019年7月23日

キーテクノロジー: マイクロウエット・ミリング Micro Wet Milling (MWM)

- 低速で回転する石臼がMWMのコア
- 複数回の粉碎・摩砕のための循環機構を複合
- 粉碎・摩砕時に加水を実施



ウェットミリング（湿式粉砕）とは？

- 浸漬・湿潤した材料を粉砕
- 加水あり・なしで粉砕



Grinder milling (HP:PVT)



Ball mill (Daiichi-miyagi-Tekkousyo, HP)

ウェットミリングの特徴

●欠点

- 粉末を得るには乾燥が必要
- 水溶性・水反応性の材料は不適

○利点

- 加水による材料の軟化により微粉砕が可能
- 粉塵や騒音が発生しない

➡ペースト食品の加工に適用

高速回転粉碎機との比較1

回転数を低減



剪断力が低下



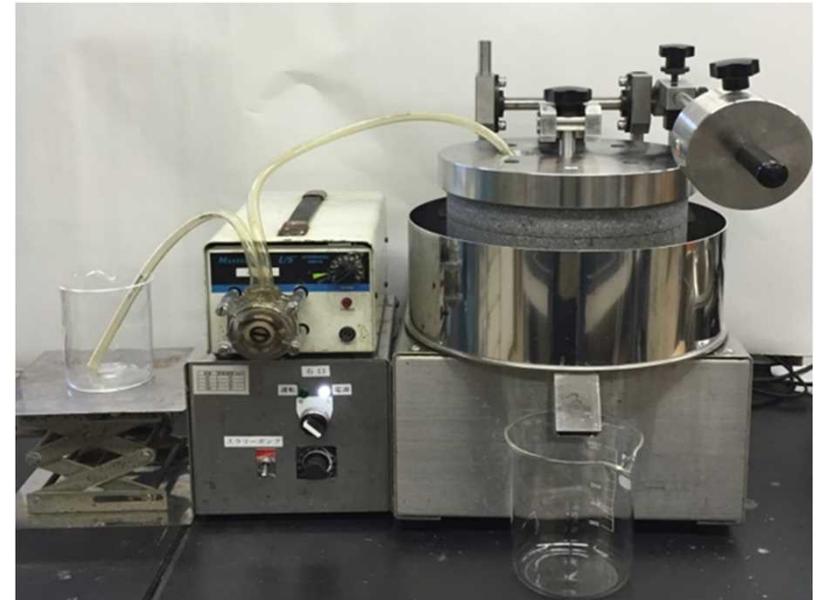
機械的・熱的損失が減少



物理化学的特性を保持



素材特性の発揮・食品機能性の付与



MWM

高速回転粉砕機との比較2

高効率・省エネルギーの粉砕を実現

Milling machine	Final dia. $L_2(\mu\text{m})$	Specific energy $E(\text{kJ/kg})$	Work index (kJ/kg)
MWM			
Three axis mean diameter	5.27	507.2	0.123
Sphere equivalent diameter			0.119
*Stone grinder	590	160.6	22.5
*Mixer grinder	610	74.9	10.8
*Colloid mill	495	100.8	12.1

*Reffer: Sharma et al. (2008)

$$W = Wi \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)$$

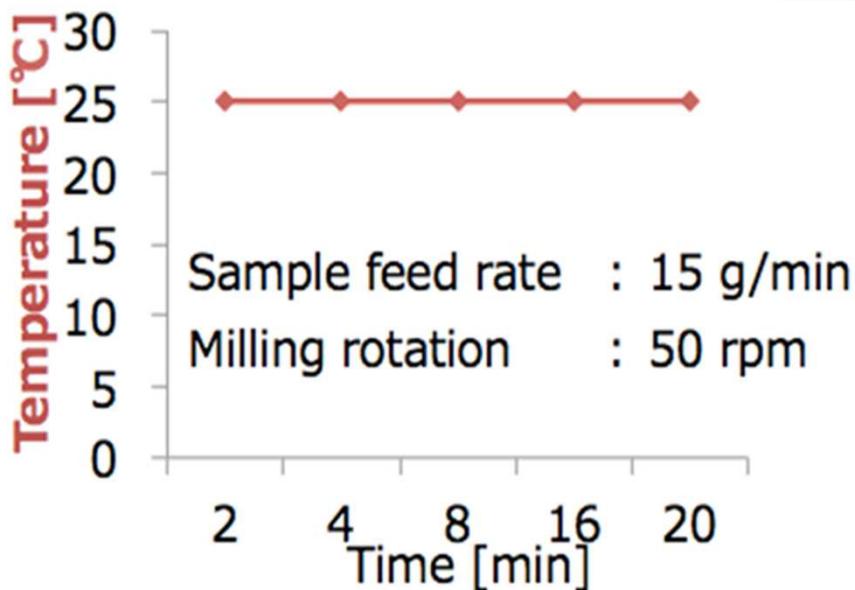
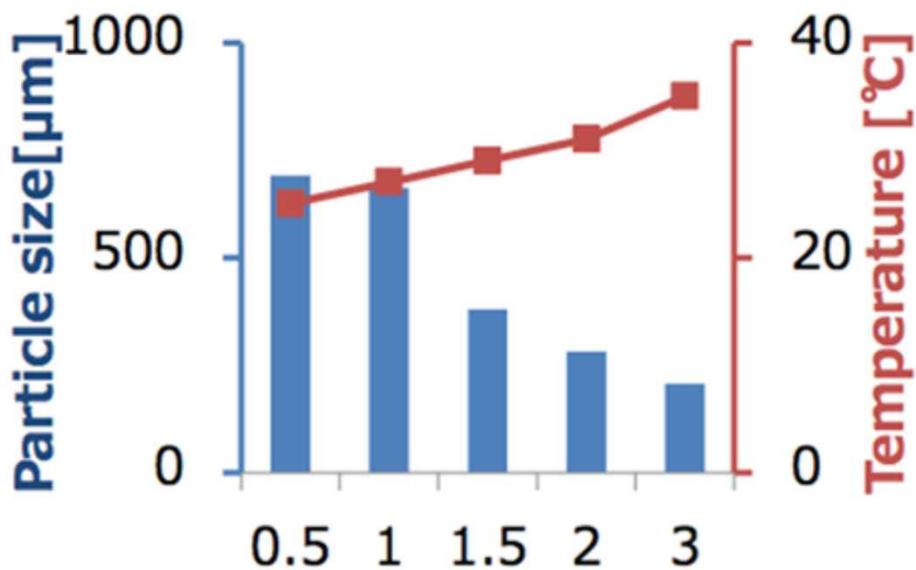
W: Grinding energy (kW min / g)

Wi: Grinding work index (kW min / g)

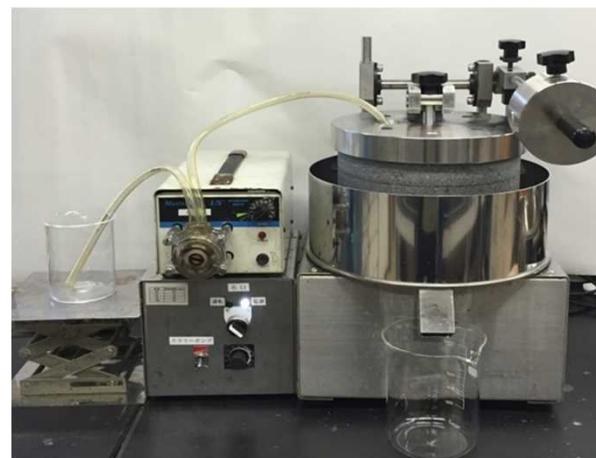
F: Material median diameter (μm)

P: Product median diameter (μm)

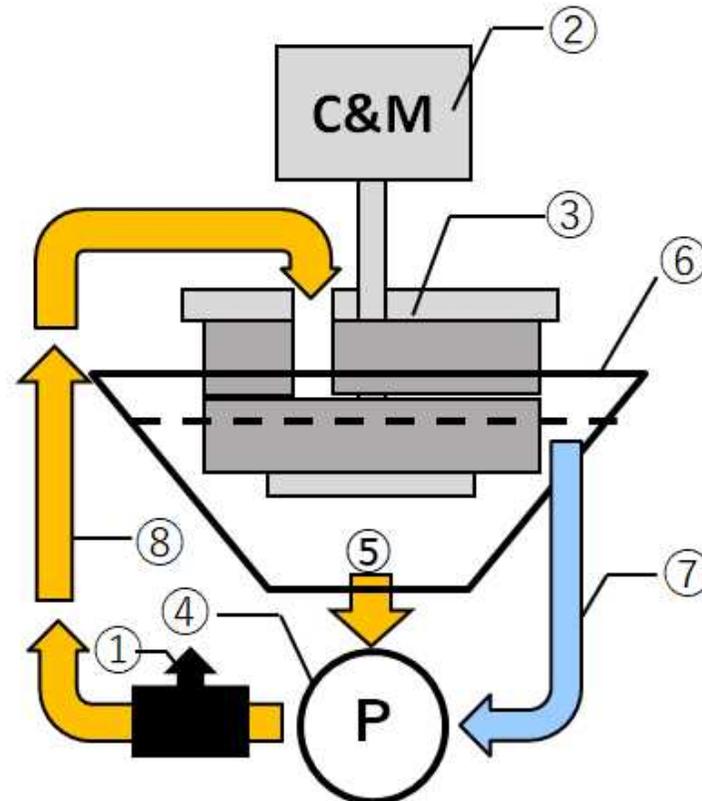
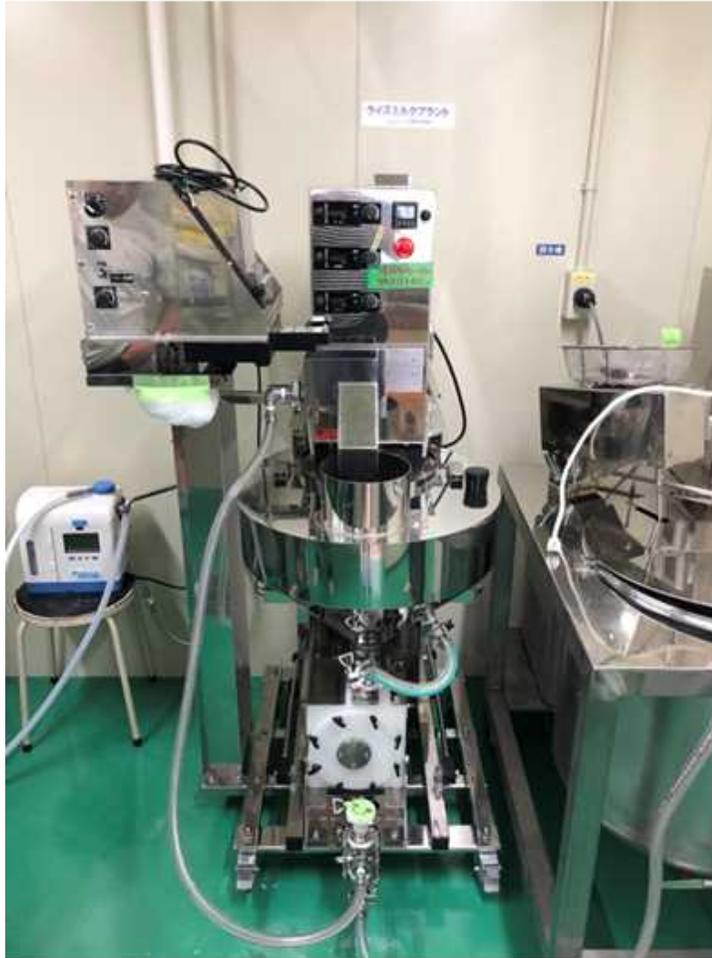
高速回転粉碎機との比較3



温度の上昇がない



二号機：循環式MWM



- ① Product output
- ② Controller & Motor
- ③ Stone mill
- ④ Circulation pump
- ⑤ Course rice milk
- ⑥ Hopper
- ⑦ Supernatant
- ⑧ Fine rice milk

想定される用途

1. 食材物性の保持・向上

➡ 玄米食パンミクス, 緑茶ペーストの加工

2. 健康機能性の創出・増強

➡ GABA, LPAなどの生成

3. 加工用途の拡大

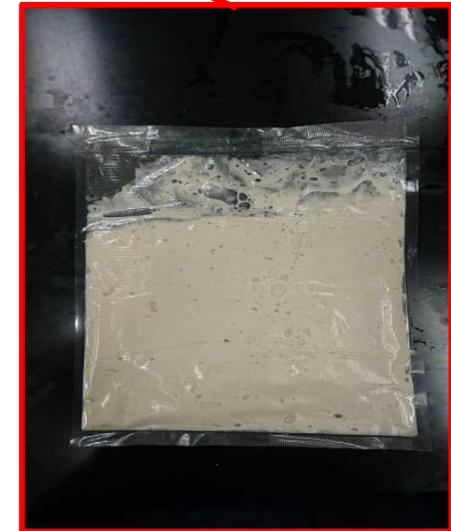
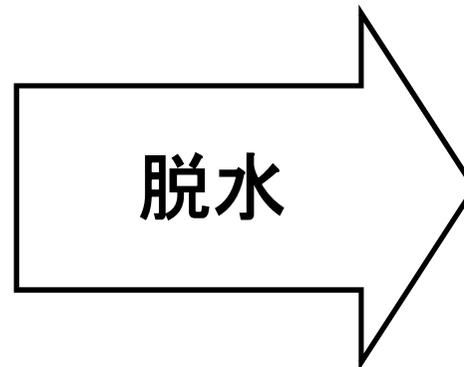
➡ 噴霧乾燥の前処理

1. 食材物性の保持・向上



例1: 玄米食パンミクス(ホームベーカリー用)

玄米ライスミルクを脱水して作製



- ✓ パンやスイーツのグルテンフリーの世界的な高まり
- ✓ 玄米食の保健機能への注目

市場性

1. コメパンの入手が困難

→ディスカウント系スーパーでの陳列少



2. コメパンの高い通販価格

→280円～400円＋送料



3. 玄米100%パンミクスは未製品化

→HB用白米パンミクス(230円～400円)



4. ホームベーカリーの普及

→全世帯で20%～自家製パン作りブーム



玄米食パンミックスの魅力

- 対 他社玄米ペースト

- 損傷デンプンが少ない

- ➡ 良好な製パン性（グルテン無添加）



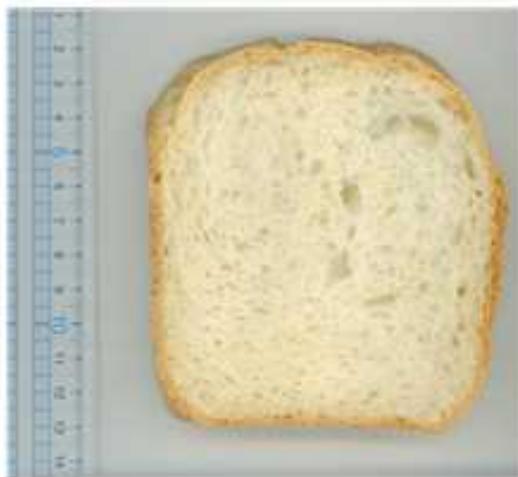
- 対 ライスジュレ

- 良好な流動性＝取り扱い性

- ➡ 均質なドウの形成



玄米パンミクスの焼き上がりの比較



コムギ



白米コメ粉



白米コメ粉+玄米コメ粉



粒子の粗い玄米ペースト



玄米パンミクス

例2: 茶葉ペースト



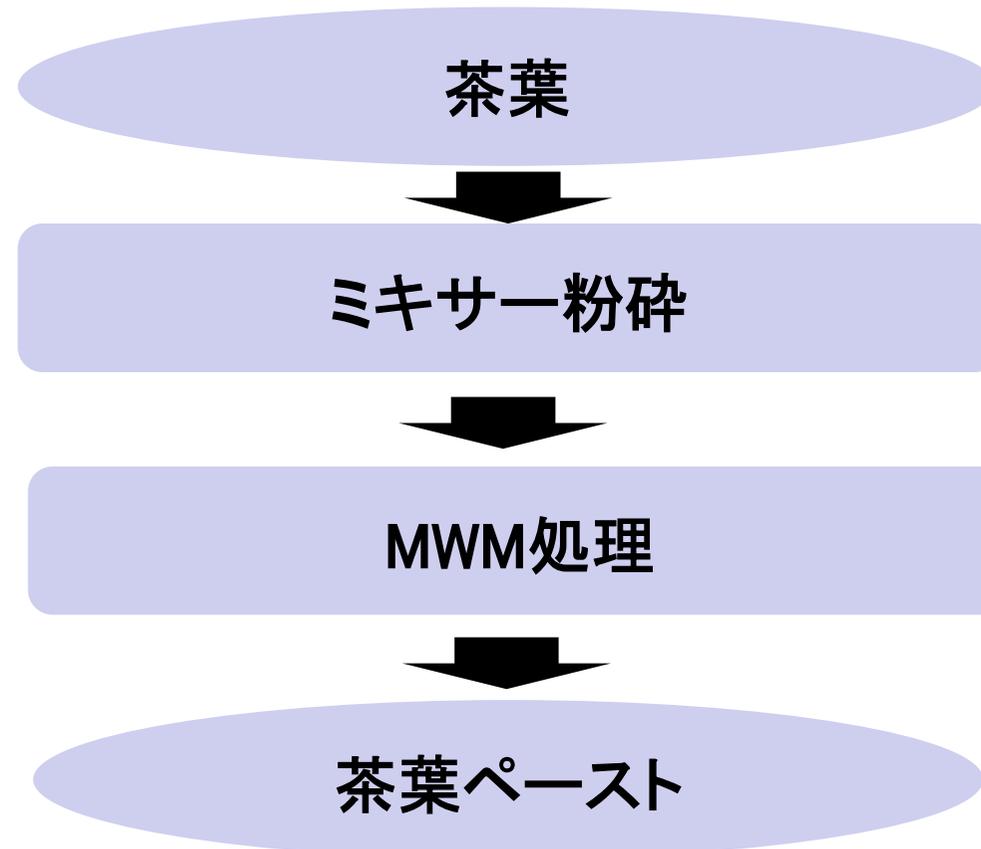
Hojicha



Yabukita (non shaded)



Yabukita (shaded)



ペーストの利用：緑茶製品



サプリ



ジャム



チョコレート



スキンクリーム



パック



アイスクリーム

クロロフィル発現の強化：加工品の比較



Matcha Powder



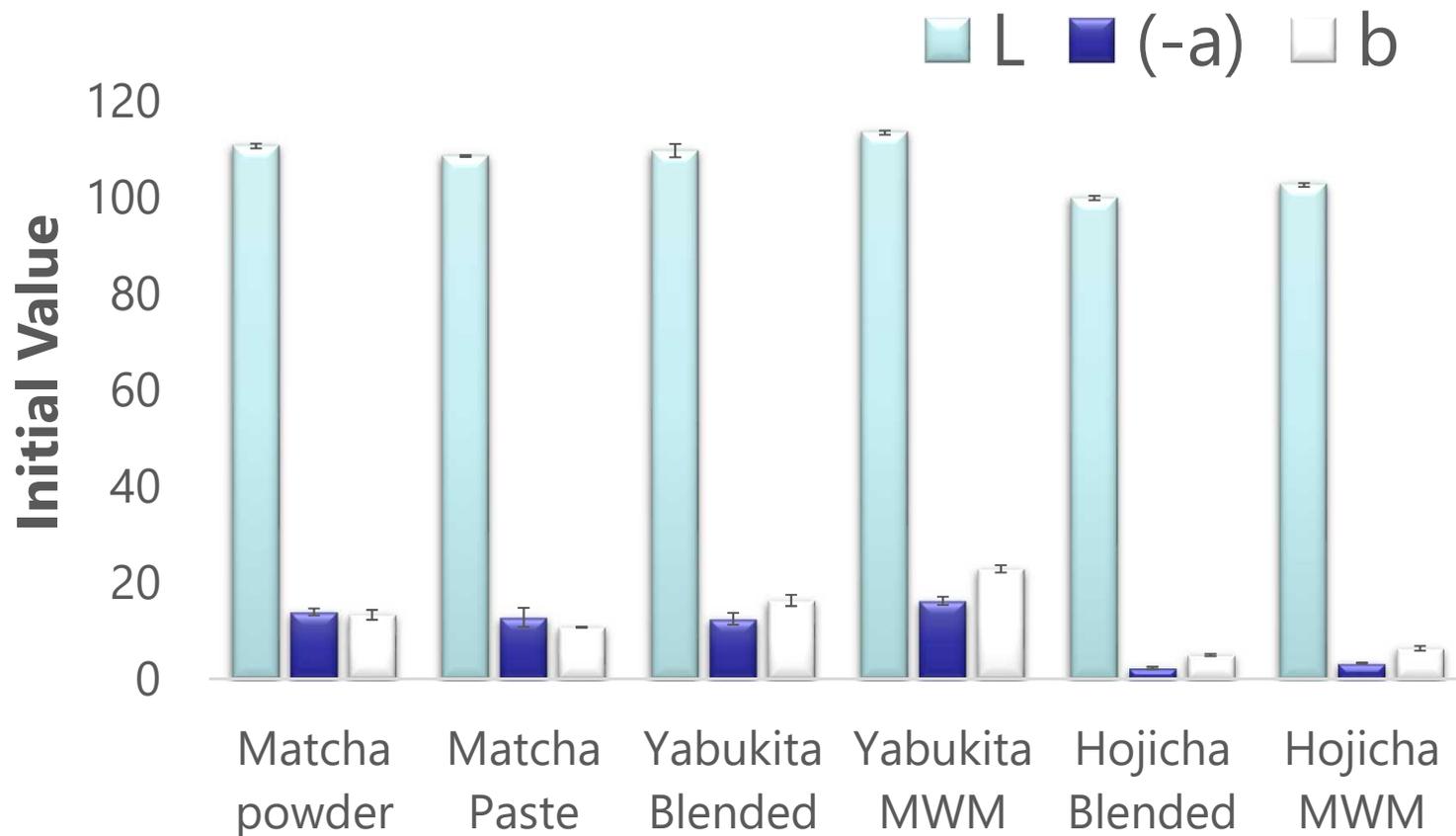
Blended Yabukita



MWM of Yabukita

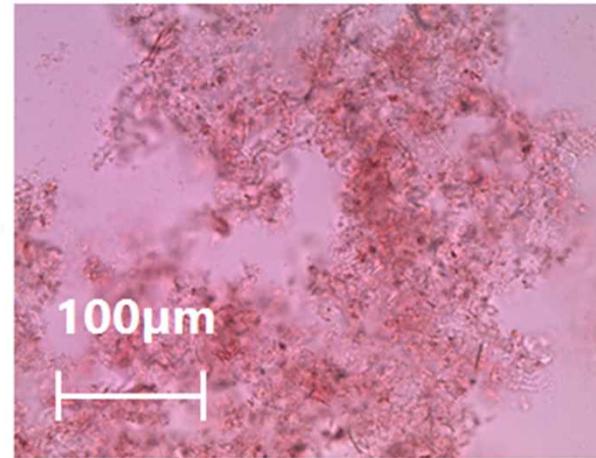
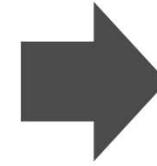
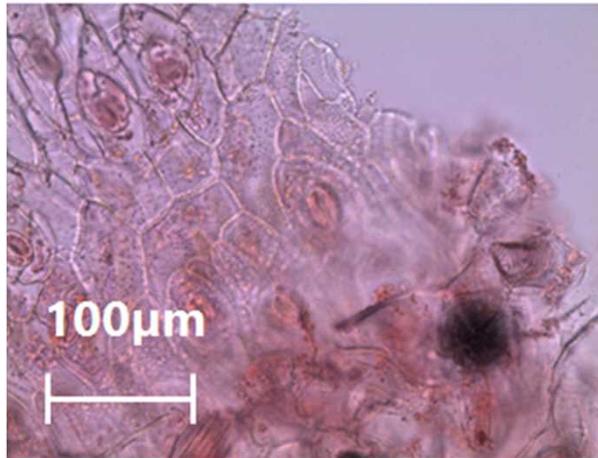
MWM (80%水 + 20%茶葉)

クロロフィル発現の強化：色の変化



✓ MWM処理後，緑値 (-a)がやや増加 ~ 茶葉の組織が破碎

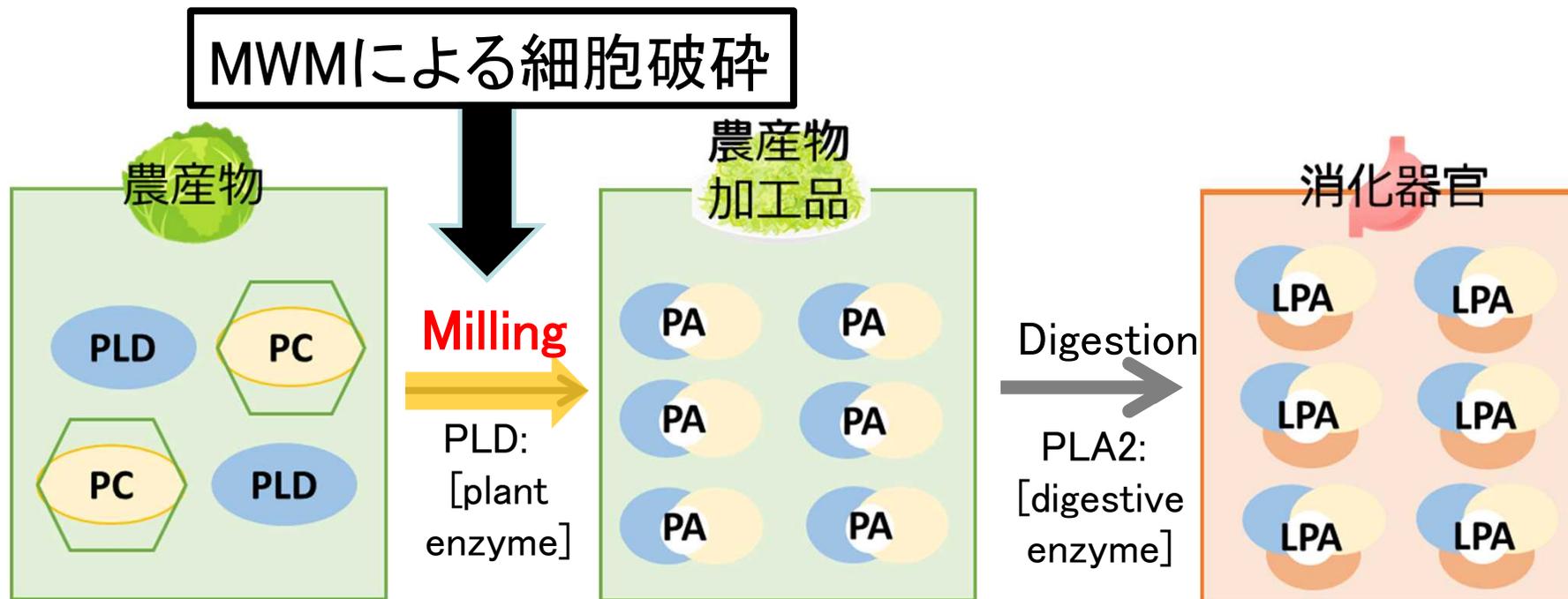
2. 機能性成分の創出・増強



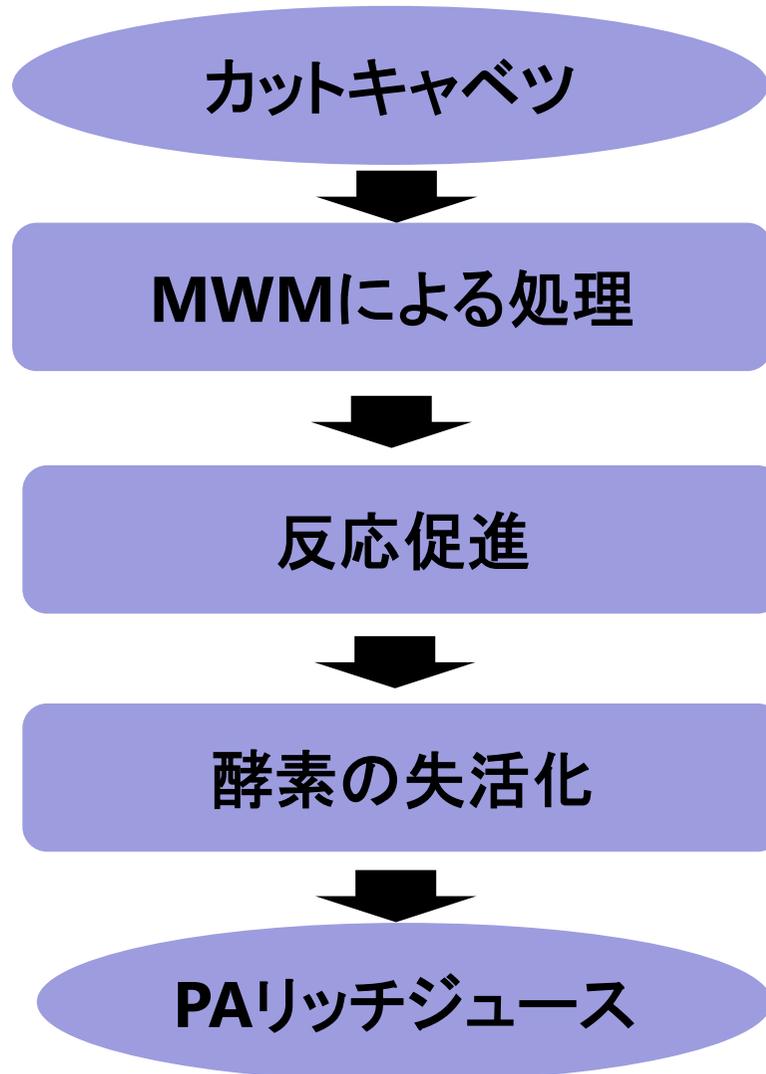
粒径199 μm

例1: LPAの創出・増強

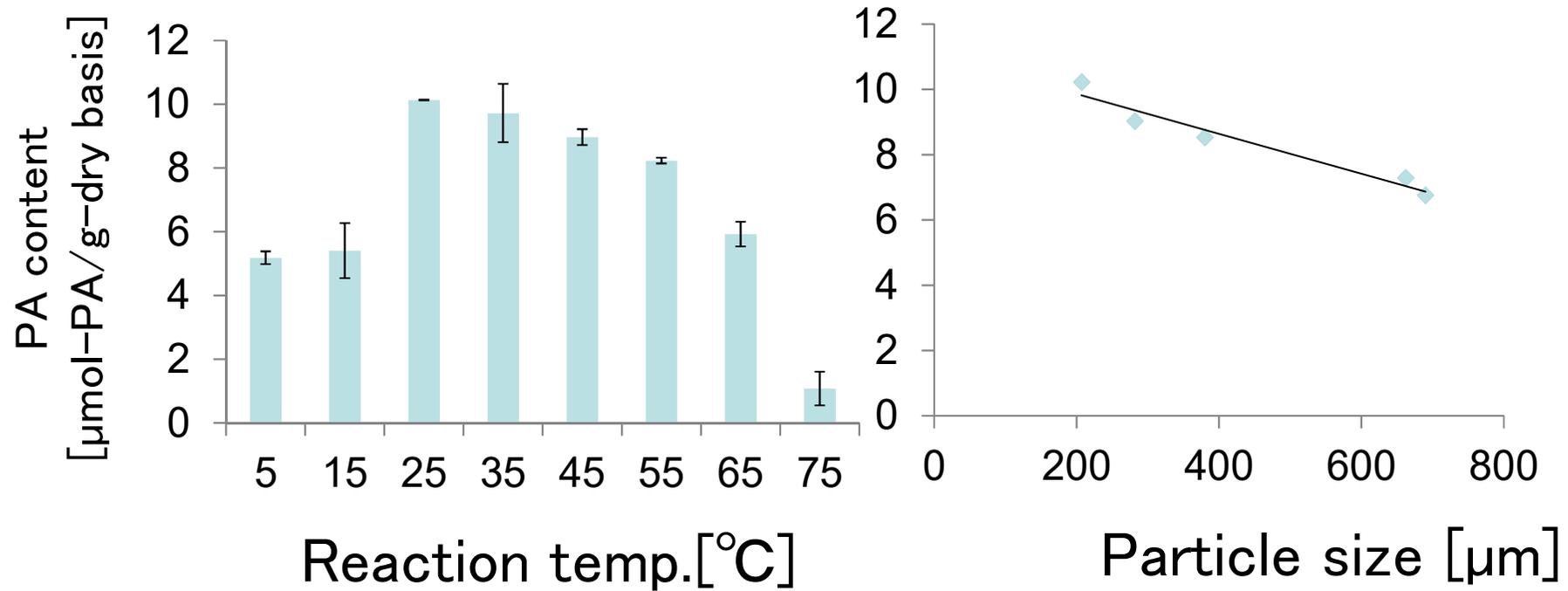
- **PA** (Phosphatidic acid) : **LPAの源** (Lysophosphatidic acid)
- **LPA: 細胞損傷の治癒作用**
- $LPA \leftarrow \text{Phospho-lipase A2} + PA \leftarrow PC + \text{PLD (Phospho-lipase D)}$
- **PC** (Phosphatidyl choline): PAの供給源として農産物に含有



①キャベツの事例



①キャベツの事例

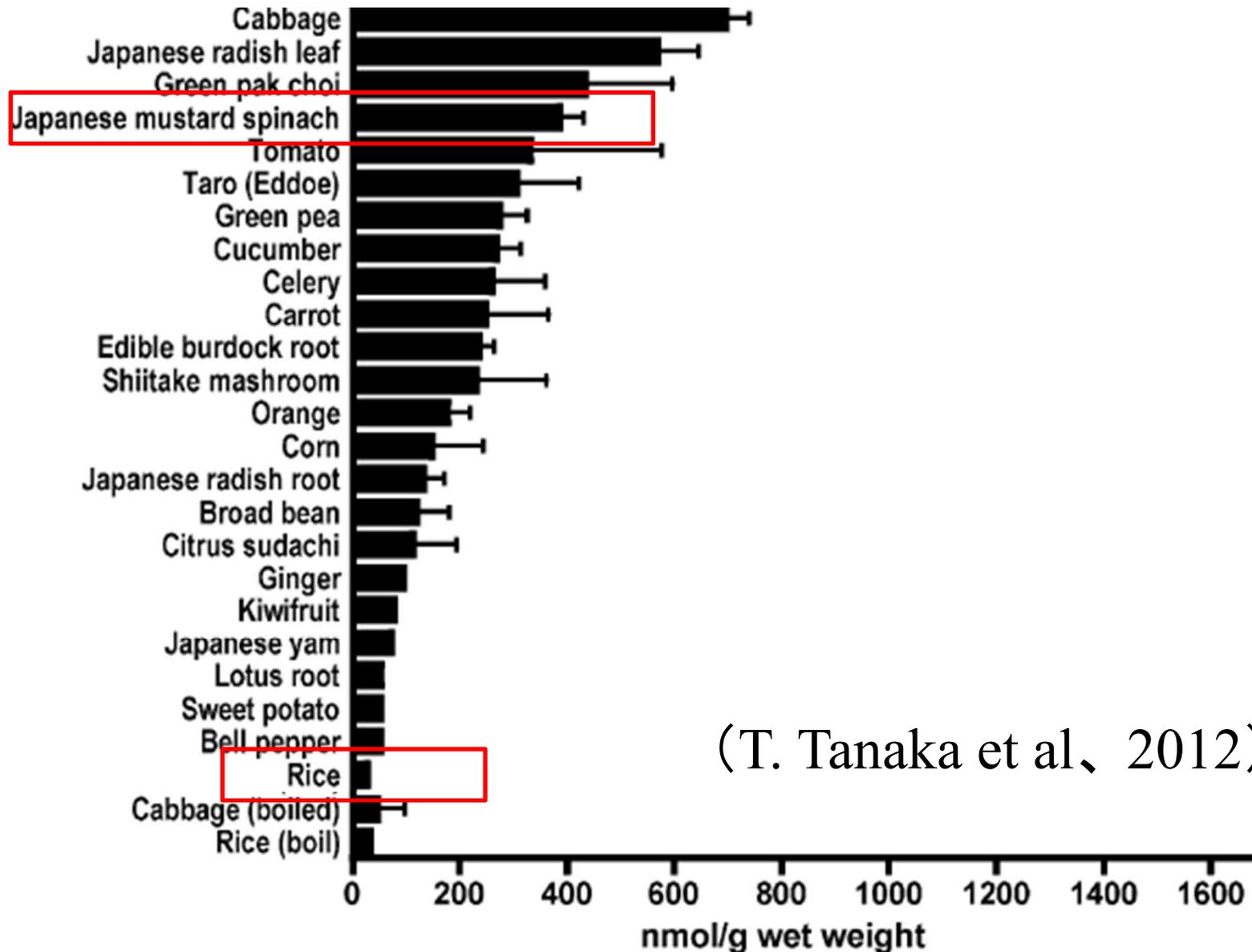


✓ **25-35 $^{\circ}\text{C}$ で反応がPA生成の最適値**

✓ **PA含有量は固形物の微細化に従い増加**

➔ **MWMはPA生成に最適**

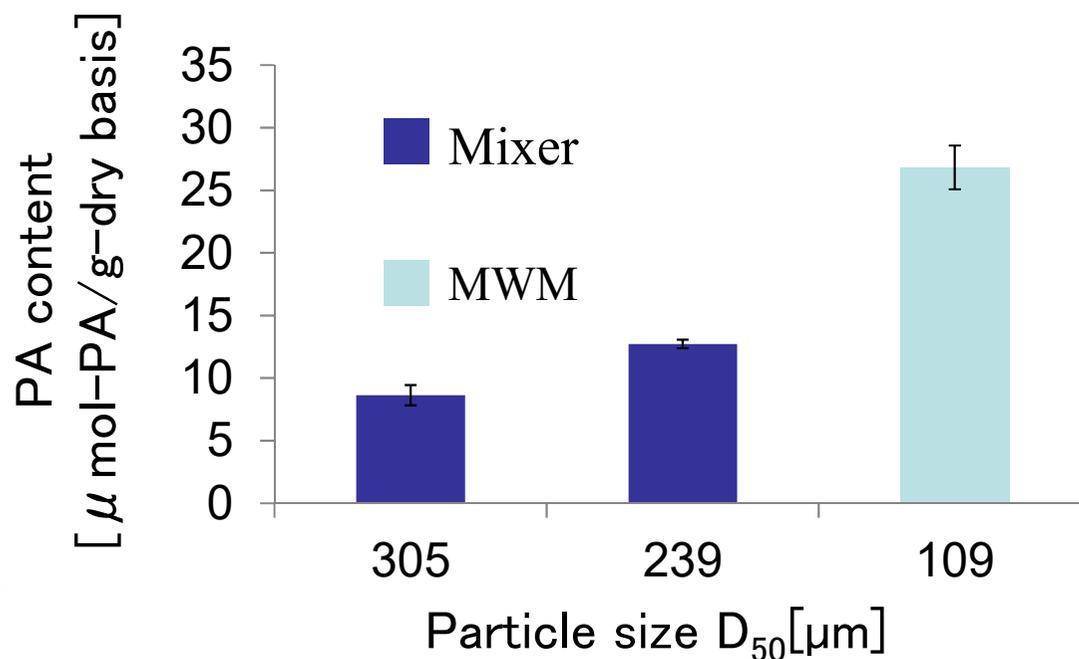
他の農作物への可能性



②ケールの事例

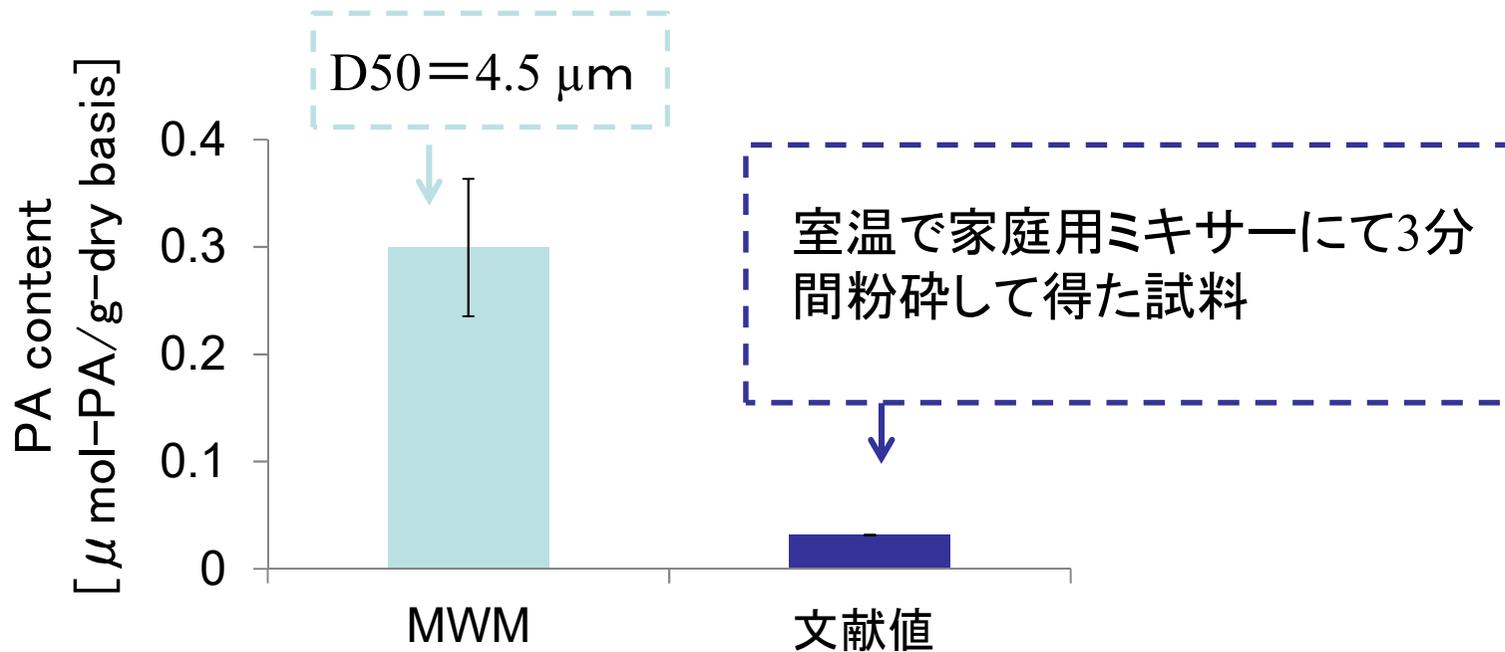


Brassica oleracea var. acephala



- ✓ 微細化が進むとPA含量は増加
- ✓ MWMによるペーストのPA含量は最高
- ✓ 粒径109.22 μmでPAは26.84 μmol-PA / g-dry basis

③玄米の事例



- ✓ PAは文献値の約10倍
- ✓ 粗粉碎ケールやキャベツの20分の一以下
- ✓ 抗アスピリン誘発潰瘍を得る日摂取量は**156 g**(体重60 kg)

3. 噴霧乾燥の前処理

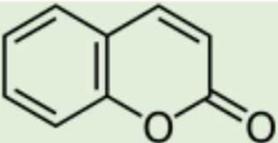


みかん全果の粉末化

- 果肉は生食または搾汁飲用で喫食
- 家庭でも加工場でも**外皮は廃棄**
- 外皮は果肉よりも多くの機能性成分を含有

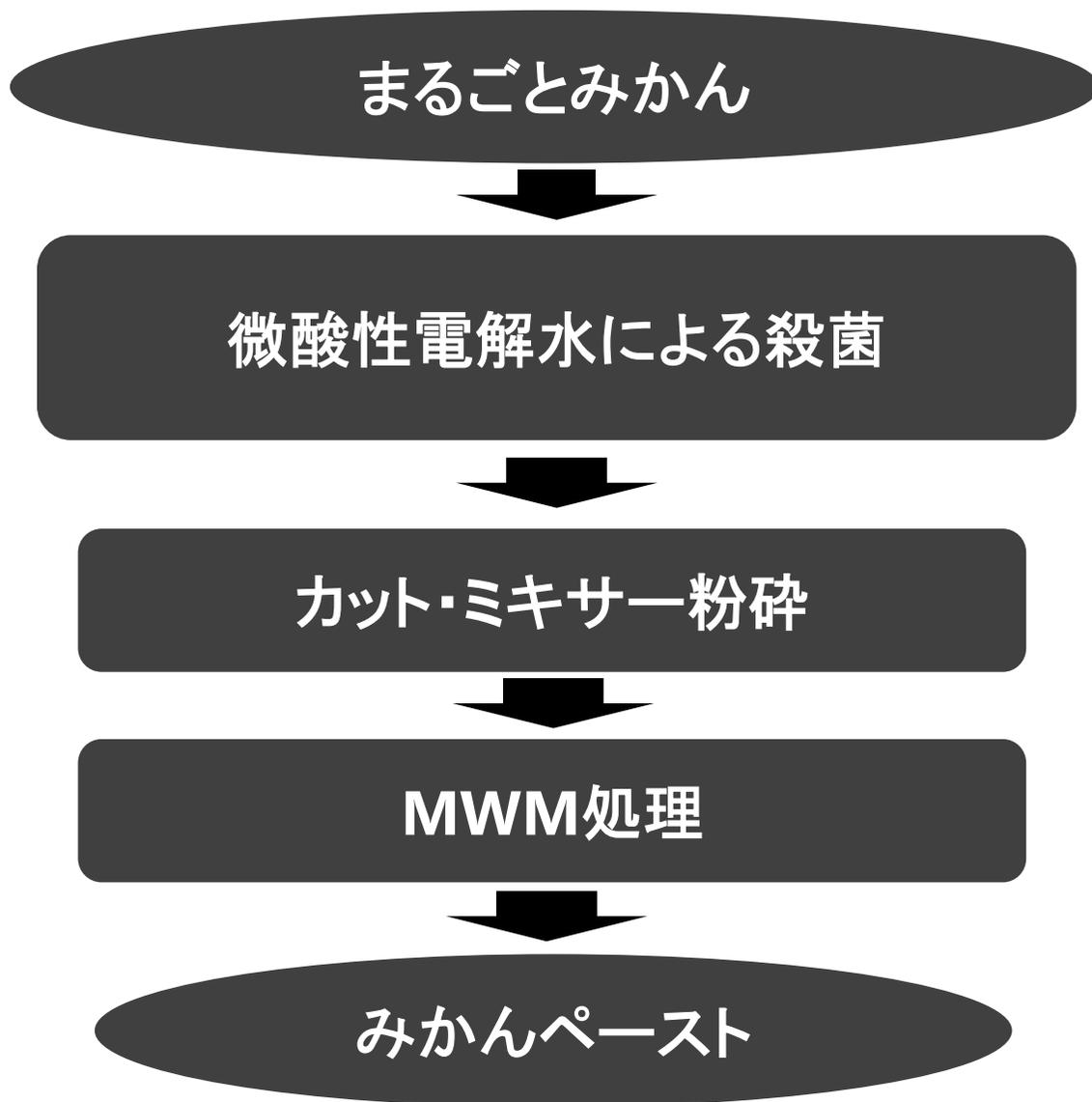


Table 1 Functional ingredients contained in the peel

Functional component	Effect
β-Cryptoxanthine 	Lipid metabolism improving action Carcinoma suppression action
Coumarin 	Stimulation of detoxification enzymes Antibacterial and antioxidant activity

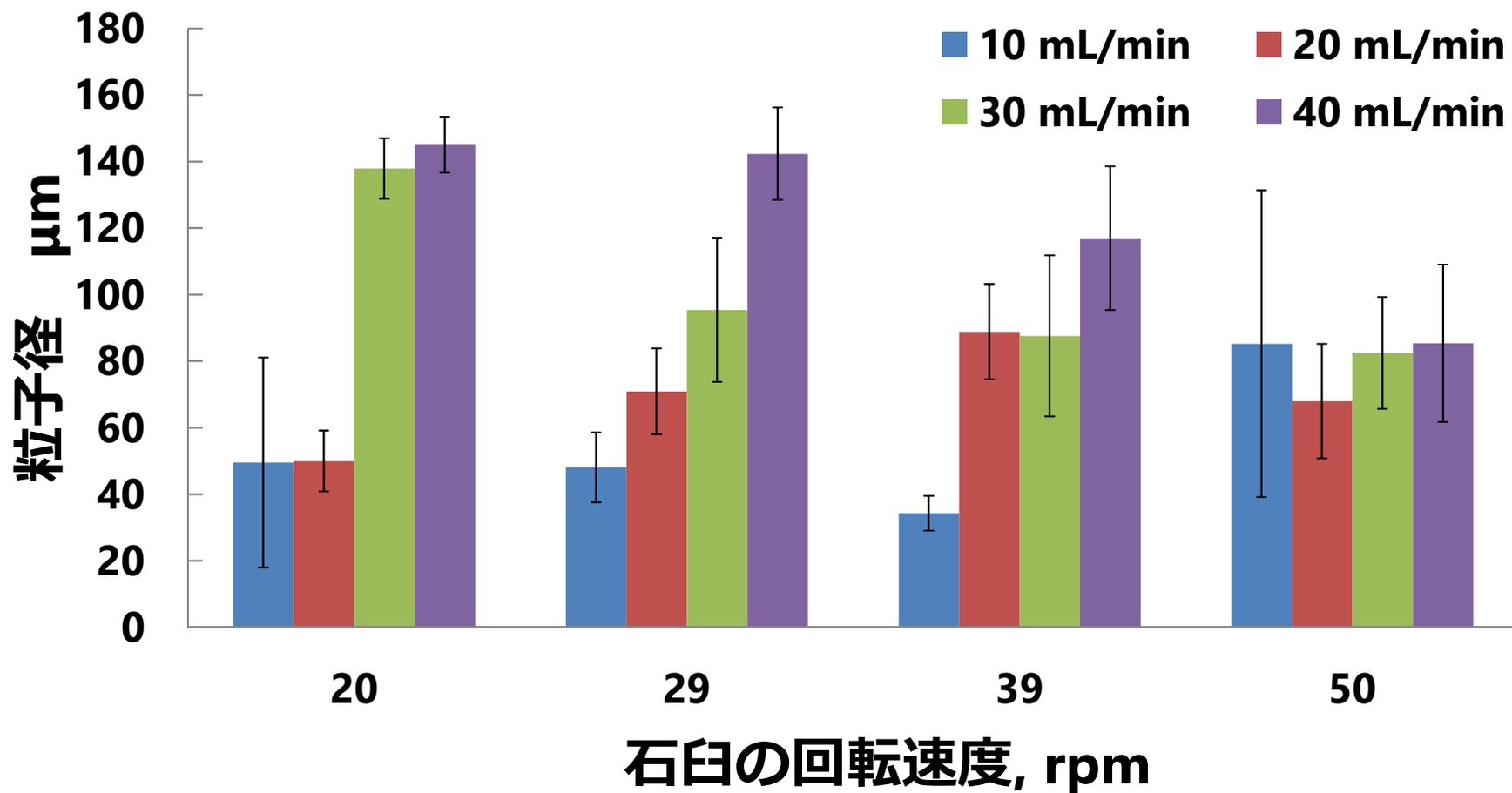
外皮も食用 ➡ 果実まるごとの粉末を噴霧乾燥により作製

3. 噴霧乾燥前処理:プロセス



左: 果汁のみ 右: 全果

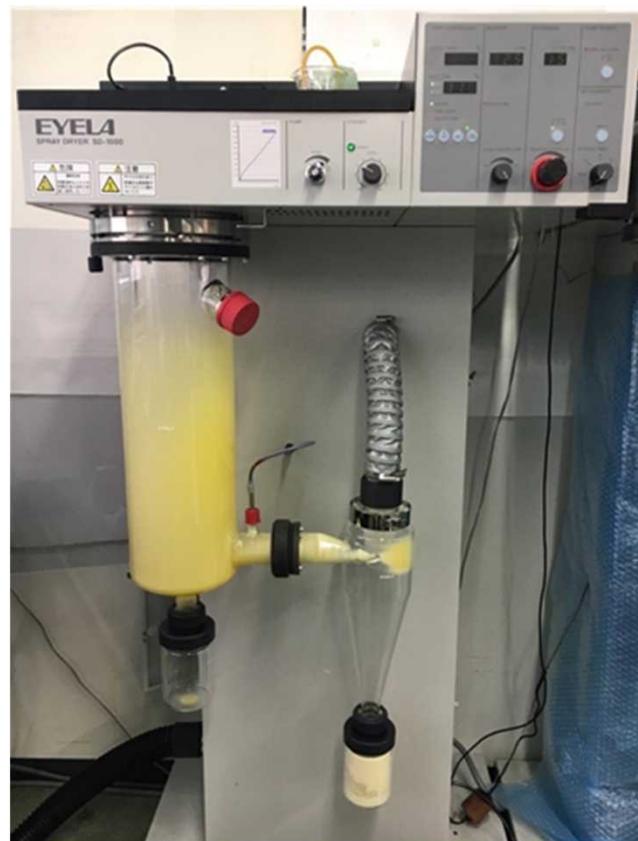
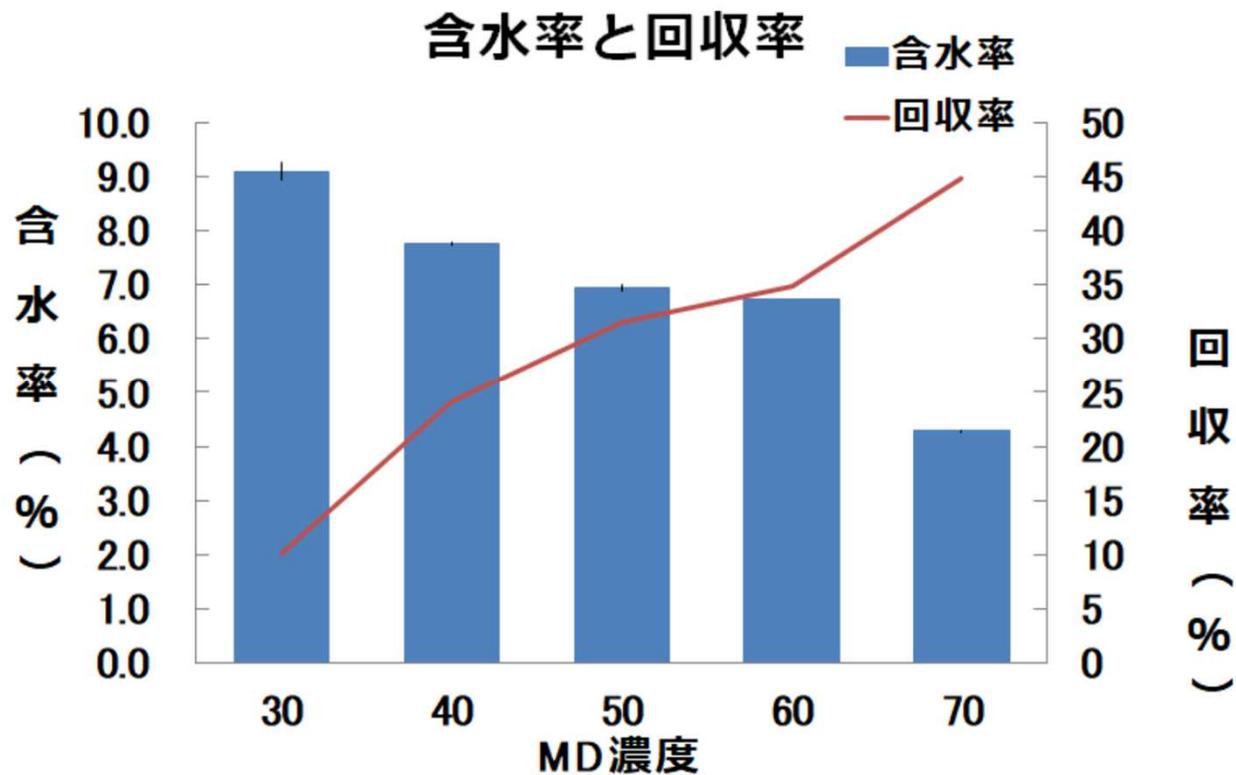
まるごとミカンの微細化特性



✓ 全ての試料の平均(メジアン径): 86.2μm

✓ 石臼への投入流量 ↑ 粒径↑、石臼の回転数↑ 粒子径↓

噴霧乾燥による粉末化



✓ ノズルの閉塞なしに粉末化が完了

実用化に向けた課題

- 石臼は大型化に馴染まないため一台あたり生産量が少ない。
- 生産量の向上には粉碎機の台数を増やす必要がある。

まとめ

●低せん断・循環式磨砕を行うMWM :

- 省エネルギーで微細化が可能
- 素材への熱的損傷を低減
- ペースト食材の加工に適性
- 機能性成分の創出と増加が可能
- 噴霧乾燥の前処理に有望

➡持続可能な食品加工技術である

企業への期待

- 食素材の高品質・高機能のペースト化を考えている企業には、本技術の導入が有効とされます。
- ペースト量産，商品開発，営業販売等の共同実施を希望します。

お問い合わせ先

筑波大学 国際産学連携本部

技術移転マネージャー 永井 明彦

TEL 029-859-1498

FAX 029-859-1693

e-mail nagai.akihiko.fn@un.tsukuba.ac.jp