（1） SMEPによるエキス・ペーストの生産と品質特性

背　景

◆ 天然由来の機能性成分の一般的な抽出工程

乾燥 → 粉砕 → 原料＋溶媒 → 抽出処理 → ろ過 →

◆ 従来法の課題

➢ 乾燥・乾式粉砕で昇温→有効成分の熱劣化
➢ 複数の工程→効率・収率の低下

◆「湿式粉砕」と「抽出」の同時プロセス
(SMEP: Simultaneous Milling and Extraction Process)

➢ 石臼による非加熱&微粉砕で抽出特性向上
➢ 湿潤材料のまま処理（乾燥不要）→工程の簡略化
➢ 粉砕処理の連続化

同時粉砕抽出（SMEP）

乾燥不要 → 溶媒＋粉砕 → 抽出処理 → ろ過 →

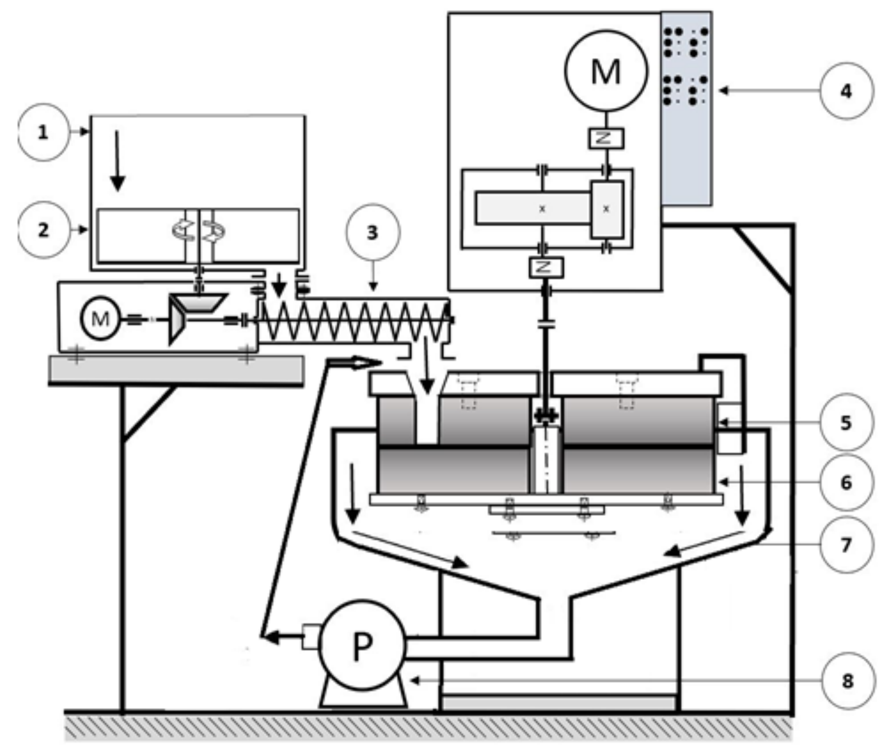


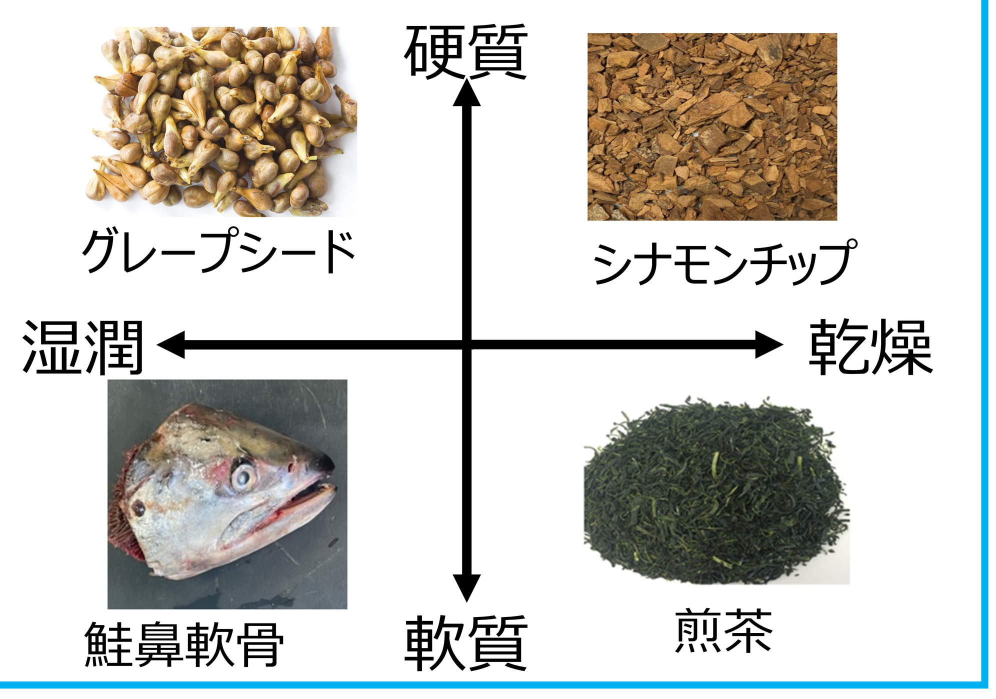
図1. SMEP専用の循環型湿式石臼
①原料缶，②回転板，③スクリュー式移送機，④ギアヘッド＆モーター，⑤上臼，⑥下臼，⑦ホッパータンク，⑧循環ポンプ

図1 SMEP by MWM (MWM: Micro Wet Milling)

目　的

湿式石臼粉砕を用いた同時粉砕抽出(SMEP)の特性評価

① ペースト・エキスの加工
② 生成物/プロセスの特性解析



煎　茶

加工フロー

原料＋溶媒
- 原料　煎茶（やぶきた）
- 溶媒　エタノール水溶液（濃度変化）
- 原料:溶媒＝ 1:9 (w/v)

SMEP
- 下石臼回転速度 50 rpm

緑茶ペースト
- 粒子径分布；レーザー回折法

遠心分離･ろ過
- 3000 rpm、15 minで遠心分離
- 保留粒子径4 μmで自然ろ過

緑茶エキス
- エキス収率 (%) ＝ $\frac{\text{ペーストろ液 (g)}}{\text{緑茶ペースト (g)}} \times 100$

分析
- 総ポリフェノール（PP）；Folin-ciocalteu法

表１　粉砕特性

昇温の有無（℃）	N.D.
電力量 (Wh)	210.0
メディアン径 (μm)	3.2 ± 0.4

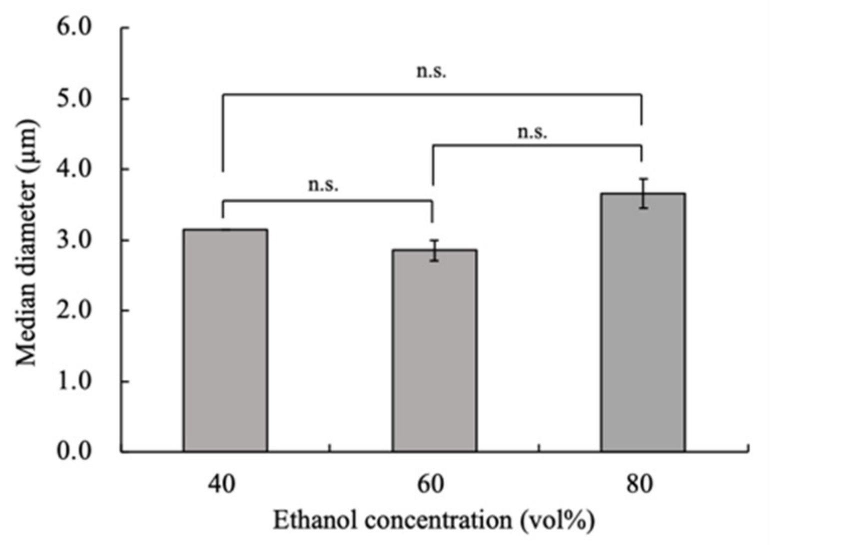


図２　抽剤のEtOH濃度とペーストD50

- 昇温なし
- ペースト粒子径：EtOH濃度の影響なし

表2　50%EtOH煎茶エキスの特性

収　率 (%)	54.0 ± 3.0
抗酸化能（阻害率%）	27.1 ± 0.5
TPC (GAE mg/mL)	12.9 ± 0.4

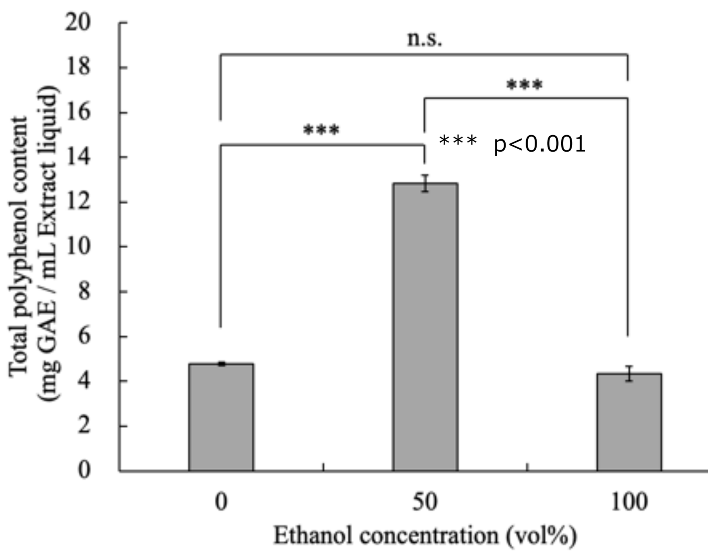


図3　抽剤EtOH濃度とPP量

- EtOH溶液によるエキス収率：低→要圧搾
- TPC：50%EtOHで最大 → 先行研究と同様

シナモン

SMEP	浸軟法
原料：シナモンチップ（100 g）	
粗粉砕	
原料＋溶媒 → 湿式微粉砕	原料＋溶媒 → 浸軟抽出
15回循環処理 180 min 室温	振盪 180 min 室温
シナモンペースト	シナモンペースト
ろ過	
シナモンエキス	
分析 ： 消費電力量 / 総ポリフェノール / 抗酸化能	

- 原料　シナモン
- 溶媒　70%Et OH
- 原料:溶媒＝ 1:10 (w/v)

表3 シナモンのSMEPに係るエネルギー

MWM device part	Operating time (min)	Electric power (W)	Power consumption (Wh)	Total power consumption (Wh)
Multi mixer	6	104	10.4	312.7
Material supply machine	15	16.3	4.1	
pump	180	26.1	78.3	
Electric millstone	180	73.3	219.9	

約100 W

→ 同規模の湿式粉砕機より少ないエネルギーで微粉砕が可能

消費電力 { MWM：約100 W / 同規模湿式粉砕機：約3700 W～が一般的

SMEPにおけるエキスのDPPH（図４上）とTPP（図４下）の経時変化

- ペーストメジアン径：約900→30 μmに減少
- 抗酸化能：82.6 %　・TPC：104.4 μg GAE / mL

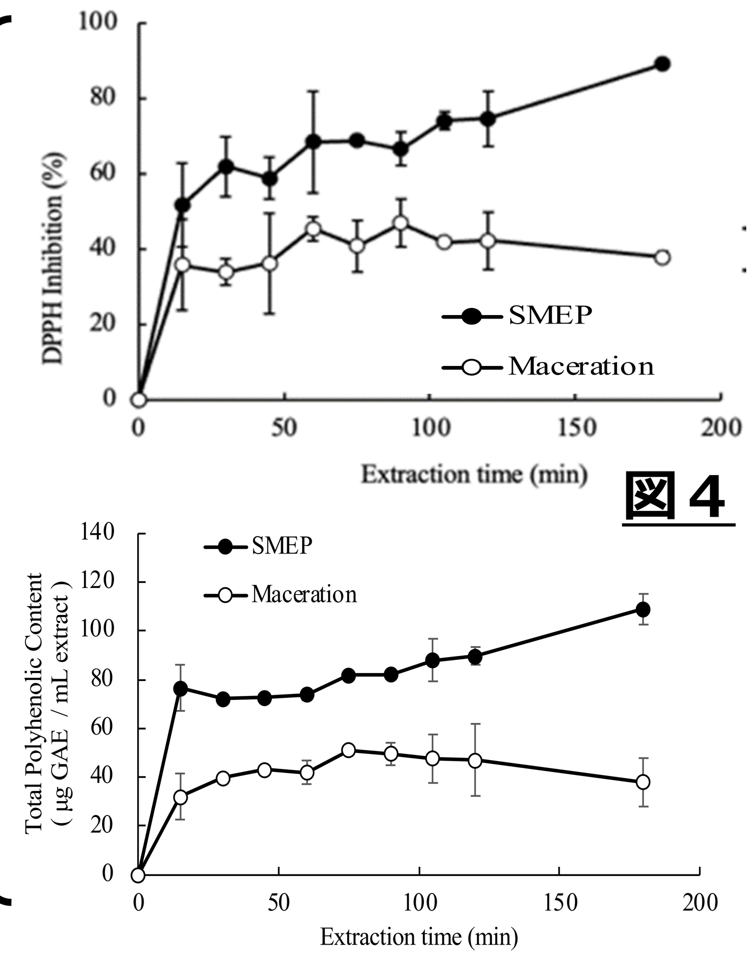


図４

ブドウ種子

原料：グレープシード

SMEP（湿式粉砕抽出）
- 原料　生ブドウ種子
- 溶媒　50%Et OH
- 原料:溶媒＝ 1:10 (w/v)

原料＋溶媒 → 湿式微粉砕（8回循環処理 (30 min)、室温）

浸軟法Maceration
乾燥（40℃、48 h） → 乾式粉砕 → 原料＋溶媒（小型粉砕機、1 min） → 浸軟抽出（2 h 、室温）

ろ過

エキスの分析
時間 / 収率 / 総PP/ 抗酸化能 / プロシアニジン

表4　エキスPP･抗酸化能の比較

	TPC (mg GAE / g d.w.)	DPPH Inhibition (%)
SMEP	8.46 ± 0.2	18.8 ± 0.9
Maceration	2.24 ± 0.0	8.7 ± 0.5

表５　エキスの特性

メディアン径 (μm)	38.5 ± 9.5
総プロシアニジン濃度（mg / mL）	4.07±0.23

表６　プロセス特性

	Total process time (h)	Liquid extract yield (%)
SMEP	0.5	73.5
Maceration	50.0	41.6

- 総ポリフェノール量･抗酸化能：従来法の2倍以上
- プロシアニジン：エキス中に有意に高濃度で含有
- 加工時間：浸軟法の1/10，収率： SMEP＞浸軟法

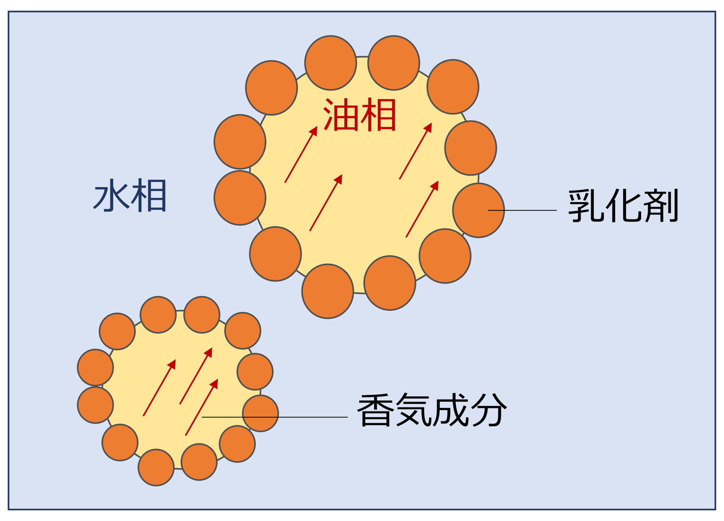
サケ鼻軟骨
（プロテオグリカン：抗炎症）

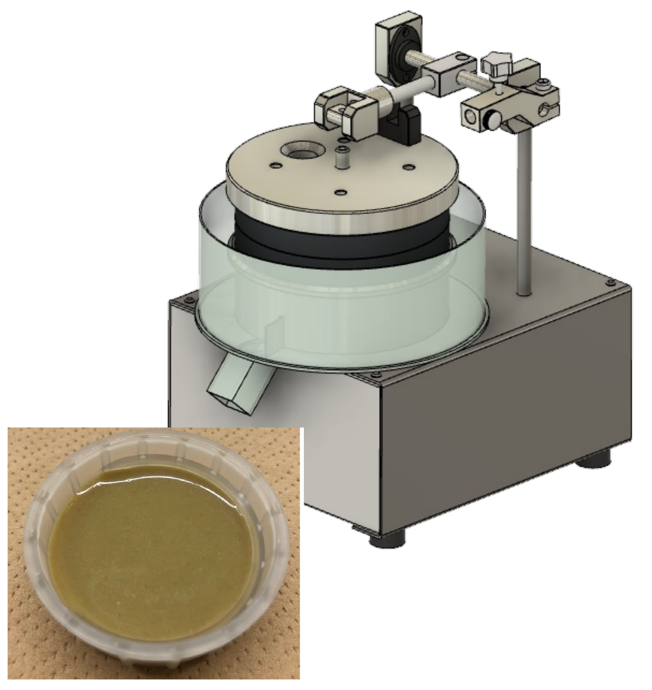
- SMEPによる脱脂と抽残物の粉末化

SMEP by MWM ➡ ◆マイクロメートルオーダーまで微細化 ◆非昇温粉砕による感熱性成分の保持 ➡ **機能性エキス・パウダーの加工**

（2） 石臼湿式微粉砕によるスパイスペーストの調製

背　景





乳化による香気成分の保持：
- 油滴が「カプセル」となって香気成分の揮発を防ぐ
- 解乳化による香りの放出

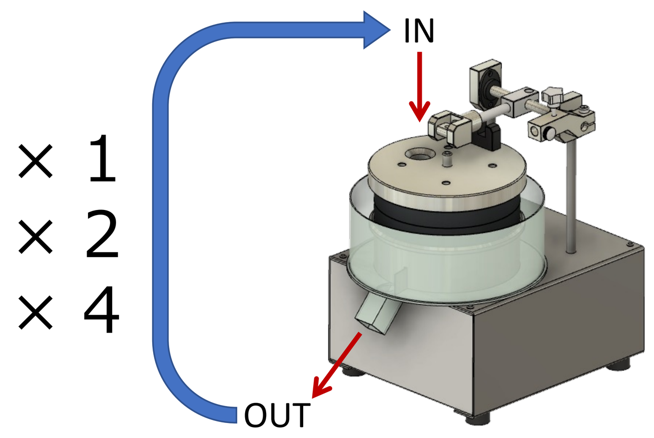
スパイスの石臼湿式微粉砕
- 水とスパイス類を合わせて粉砕
- 乳化剤なしで**自然乳化が起こった**

水とスパイスを石臼で湿式微粉砕するだけで
香りの保持や放出が制御できるペーストが調製できる？

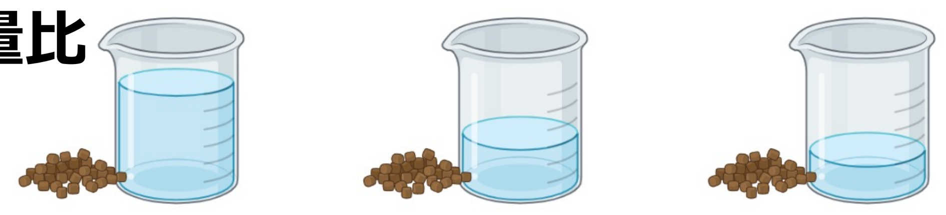
目　的

①**粉砕条件**がペーストの特性に及ぼす影響を明らかにする

1) 粉砕回数



2) スパイスと水の重量比

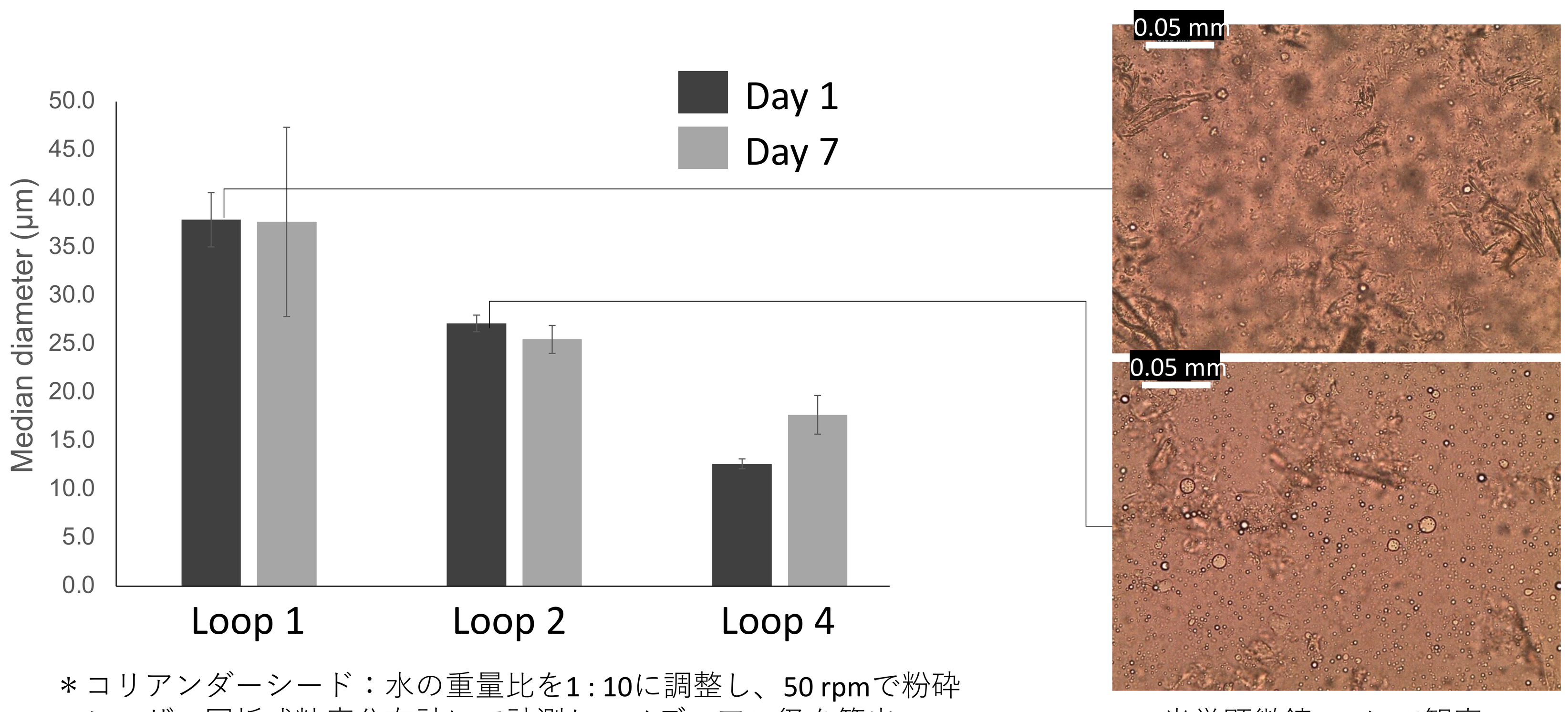


②ペースト加熱時の**香気成分の放出特性**を明らかにする

粉砕条件がペースト特性に及ぼす影響

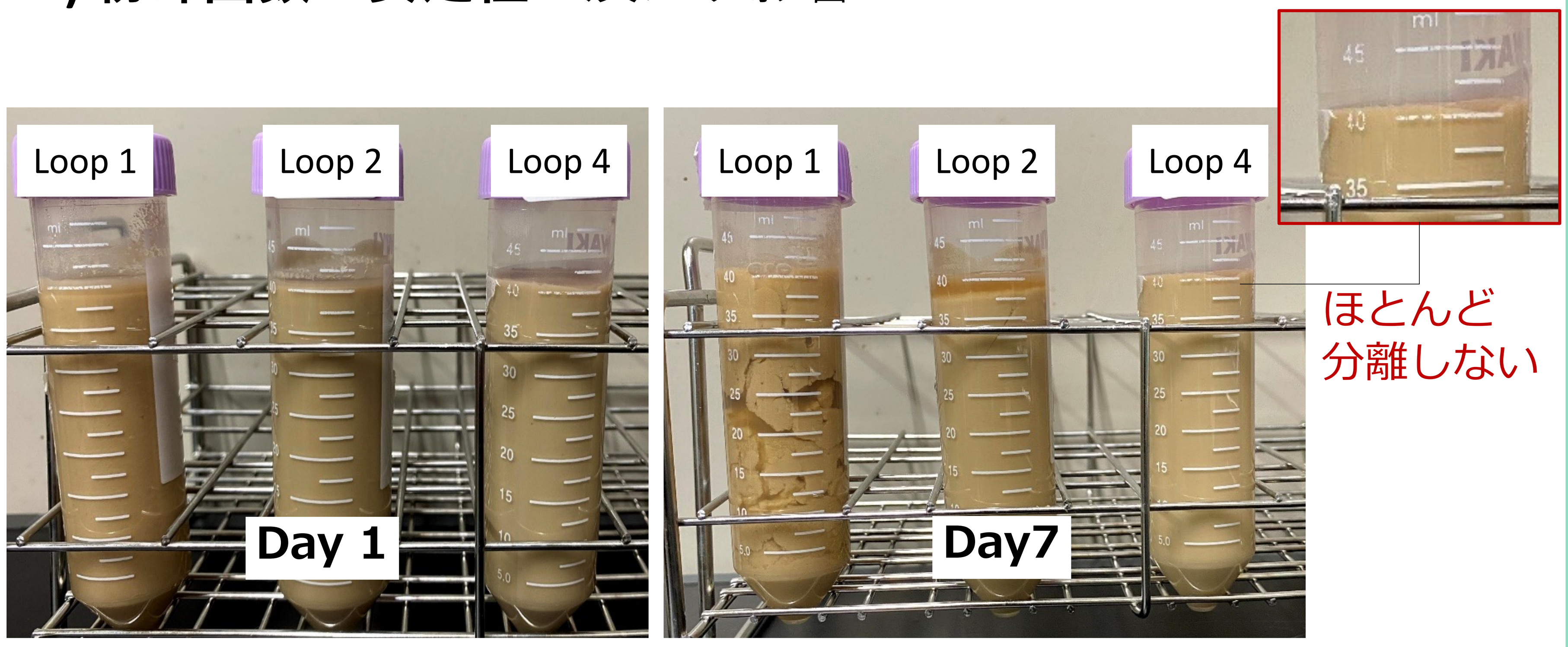
＊使用スパイス：コリアンダーシード

1A) **粉砕回数**が**粒度分布**に及ぼす影響

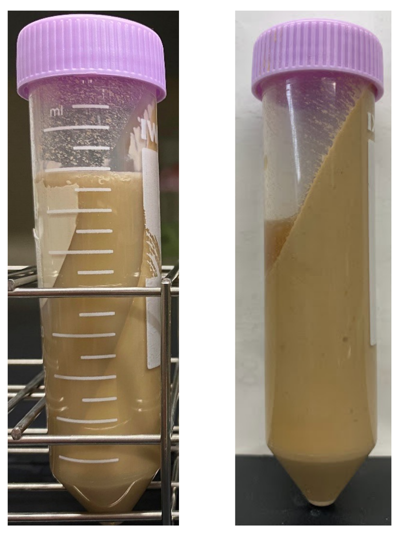


＊コリアンダーシード：水の重量比を1 : 10に調整し、50 rpmで粉砕
＊レーザー回折式粒度分布計にて計測し、メディアン径を算出
＊光学顕微鏡x40 にて観察

1B) **粉砕回数**が**安定性**に及ぼす影響



2) **スパイスと水の重量比**がスパイスの特性に及ぼす影響



スパイス：水	1 : 10	1 : 7	1 : 5
状態	粘度のある液体状	ケチャップ状	半固体, ペースト状
含水率 [%]	89.9	85.9	79.2
分離率 [%] *	43.2	11.2	2.30

石臼回転数：50 rpm、粉砕回数：4回

1 : 10　　1 : 5

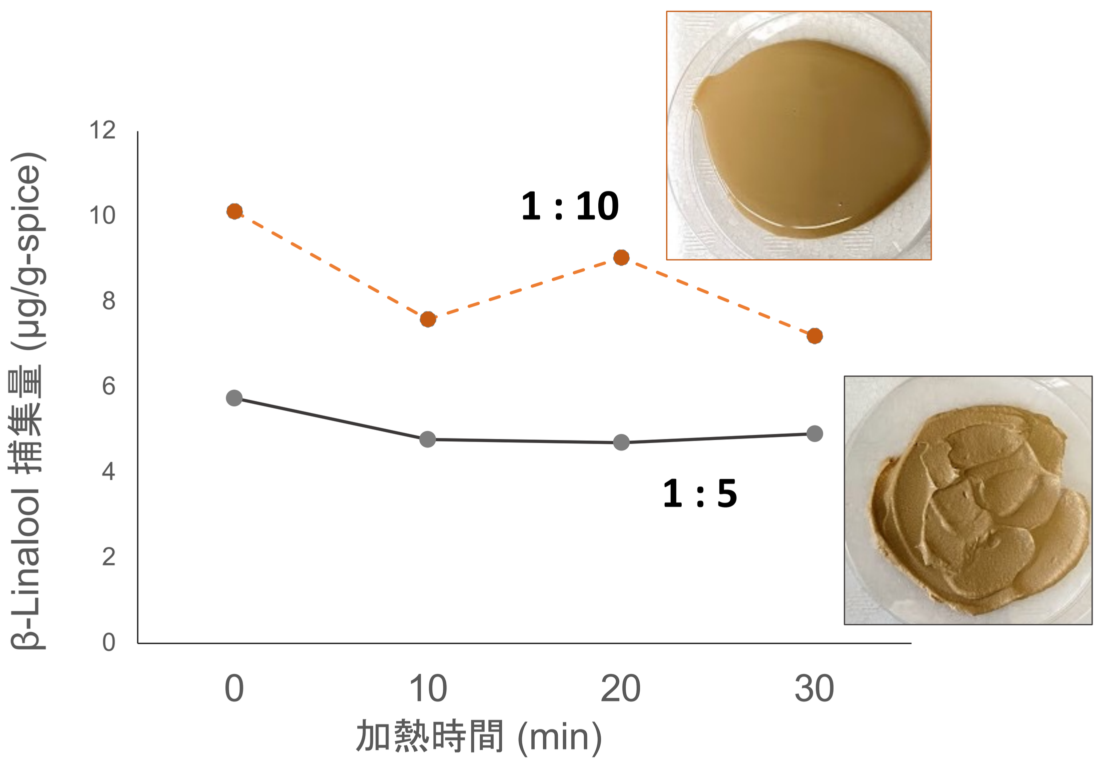
＊ 分離率の計測：
40 gのペーストを1,700*g*にて10分間遠心分離
分離した水相と含水量の比を分離率とした

まとめ

- 水とスパイス種子を合わせ、石臼湿式微粉砕を行うだけで、安定性の高いペーストが生成される
  - ➢ スパイス種子には、乳化作用を有する成分が存在
  - ➢ これらの成分が微粉砕により放出？
- 安定性が高いペーストの製造には…
  - ➢ 粉砕回数 ↑
  - ➢ 粒子径 ↓
  - ➢ 水の量 ↓

特にスパイス：水が 1：5のペーストは、
非常に安定（分離率 2.3%）！

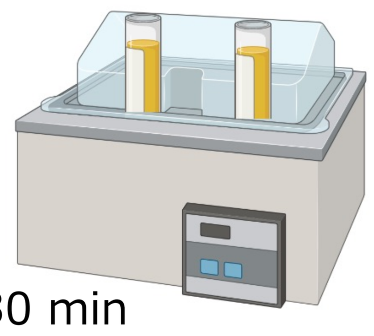
香気成分の放出特性



- 1：5のペーストでは香気成分放出量が少なく、30分の加熱中は非常に安定的に香りを放つ
- 香気成分放出特性は、ペーストの安定性に影響を受ける

香気成分放出量の計測

1) 熱水中でペーストを加熱



10 min, 20 min, 30 min

2) ヘッドスペース中の香気成分をMonotrap®で捕集

60℃、180 min

3) Monotrap®で捕集した香気成分をヘキサン・アセトン溶媒に溶解

4) GC-MSにてβ-リナロールを定量

今後の展望

- スパイスによって、生成するペーストの安定性は異なる
  粒子径？乳化成分の有無？ペーストの粘度？
- 長期貯蔵、冷凍貯蔵などでどの程度香気成分が保持できるか
- 香気成分を一気に放出させる or
  長時間安定的に放出させる　ための操作は？

【謝辞】本研究は 公益財団法人 サッポロ生物科学振興財団 の助成を受けて実施しました。また画像の一部はBioRender.comにて作成しています。