

1. はじめに

最近、循環型社会実現に向けた気運の高まりなどから、食品廃棄物についても飼料化・肥料化等の減量・再利用の動きが活発化しているが、しばしば処理過程での悪臭発生の抑制が課題となっている。そこで、食品加工残渣を低臭気で、かつ効率的に分解液状化するための条件と生成分解液の新規用途について検討した。

食品廃棄物の処理過程で認められる代表的臭気物質である有機酸（酪酸・乳酸など）の生成を抑制可能な高温・好気性微生物分解の条件を、炭水化物を多く含む模擬食堂調理残渣を材料に用いて設定した。そして、実際の食品加工残渣の分解液状化に適用し、低臭気の有機性分解液を得た。

一方、道路等の凍結対策に用いられる融雪剤に、環境に優しい有機化合物の使用がひろまりつつあるが、従来より融雪剤として使用される塩化物に比べて高価である点が普及の妨げとなっている。そこで、食品加工残渣の分解濃縮液に低分子有機化合物の塩を添加して、簡易室内融氷試験における融雪効果を評価した。

2. 材料および実験方法

2.1 低臭気分解条件の検証

食パン 104g、魚肉 13g、鶏肉 13g、計 130g の破砕物に水道水 670ml を加えて、約 800ml の模擬食堂調理残渣スラリーを調製した。このスラリーを、発酵槽容量 2L のミニジャーファーマンターを用いて、48 時間 60℃ に保って分解処理した。処理開始時に、酵母エキス 0.5%・ポリペプトン 1%・ブドウ糖 1% を含む液体培地（以下 YPD 培地と記す）で 55℃ にて 1 晩培養した中等度好熱菌液を、原料スラリーの 1/100 量接種した。中等度好熱菌株は、土壌より分離した *Bacillus stearothermophilus*、好熱性放線菌等を用いた。攪拌は 2 段に配した攪拌翼を用いて攪拌速度 100rpm で行い、通気条件を 4 ケース、それぞれ 0.5vvm、1.0vvm、1.5vvm、2.0vvm、即ち原料スラリー 800ml に対して 1 分間に 400ml から 1600ml に設定し、各条件での有機酸の生成をスラリー上清 pH の推移および臭気官能試験により判定した。

2.2 食品加工残渣の分解

リンゴ搾りかす、オレンジ搾りかす、おから、または模擬食堂調理残渣の破砕物に水道水を加えた原料スラリーを、発酵槽容量 2L のミニジャーファーマンターを用いて、60℃ 48 時間、攪拌速度 100rpm、通気速度 2 vvm にて分解処理した。それぞれの原料スラリーは、リンゴ搾りかす・オレンジ搾りかす・食堂調理残渣では破砕物 500g に水 1000ml を加えて、おからでは固形物 250g に 1000ml の水を加えて調製した。食堂調理残渣は野菜屑 350g、米飯 100g、魚肉・鶏肉各 25g を混合したものを用いた。いずれも、YPD 培地で 55℃ 1 晩培養した好熱菌培養液（菌濃度 10^{11} cfu/ml 以上）を原料スラリーの 1/100 量加えた。

2.3 有機性融雪液剤の調製

高温・好気分解処理で得た低臭気の分解スラリーを、遠心分離とろ過により固形残渣と分解液に分離した。回収固形分は 110℃ で 24 時間乾燥して乾燥重量を測定した。分解液（有機性液）は加熱により 5 倍～6 倍に濃縮し、その際生じた固形分はろ過により除いた。得られた濃縮有機性液に蟻酸ナトリウム（Sodium formate、略称 S F）20%、または無水酢酸ナトリウム（Sodium acetate、略称 S A）20% を加え混合溶解して、融雪液剤試料とした。

2.4 室内融氷試験

煮沸脱気した脱イオン水約 10ml を目盛付きポリプロピレン製容器（内径 14mm、高さ 12cm）に入れ、-5℃ または -15℃ に保ったエタノール浴にて凍結させた。この氷供試体の上層に試料液を 2ml 加え、一定時間後

−5℃または−15℃における氷供試体の融氷部の長さを測定した。いずれの温度においても3時間まで測定を行い、−15℃では試料液の凍結状況を観察した。

対照試料液として、市販融雪剤である酢酸カルシウムマグネシウム (Calcium magnesium acetate、略称CMA)、尿素 (Urea) および塩化ナトリウム (NaCl) の20%水溶液を調製し、微量のニュートラルレッドを加えた。有機性液から調製した試料液にも必要に応じて上記色素を微量加えた。

3. 結果および考察

3.1 低臭気分解条件の検証

炭水化物を多く含む模擬食堂調理残渣破砕物スラリーを原料に、通気条件を変えて高温微生物分解を行った結果を右に示す (図1)。

通気速度 0.5vvm では多少の有機酸臭が認められ、pH は4以下に低下した。1.0vvm ではpH は4近くに下がったが48時間後5付近に戻り、乳酸等の臭いは特に気にならなかった。1.5vvm、2.0vvm ではpH が5未満に低下することなく、有機酸臭はかすかに認められる程度であった。

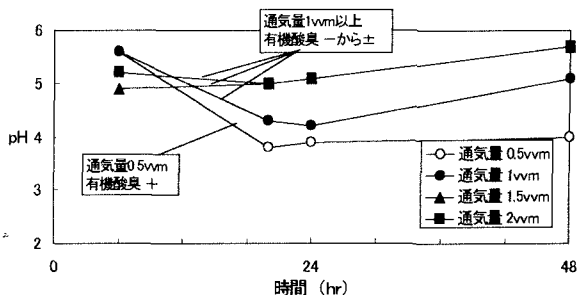


図1 低臭気分解条件検討結果

3.2 食品加工残渣の分解

リンゴ・オレンジ搾りかすの破砕物、おから、食堂調理残渣破砕物、それぞれのスラリーを60℃2vvmで分解したときのpH推移と発生臭気を図2-1から図2-4に示す。いずれも強い悪臭の発生無く効率的に分解液状化できた。回収有機性液は、果実搾りかすとおからでは6倍、調理残渣で4.8倍に濃縮した。

また、それぞれの原料の含水率、原料固形分と回収固形分の乾燥重量、分解率等を表1に示す。

4種の濃縮有機性液は濃

い黄褐色から茶褐色を呈し、その粘度は低めであった。その組成は、蒸発残留物5~20%、有機体炭素2~9%、全窒素0.02~0.5%、全リン0.01~0.05%、ナトリウム0.03~0.1%、カリウム0.3~0.5%、塩素イオン0.2%以下、硫酸イオン0.1%以下の濃度範囲に収まり、腐食性成分の含量は低く、富栄養塩成分である窒素・リンの含量も低めの値を示すことが確認された。

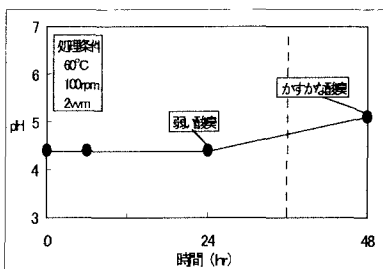


図2-1 リンゴ搾りかすの分解過程

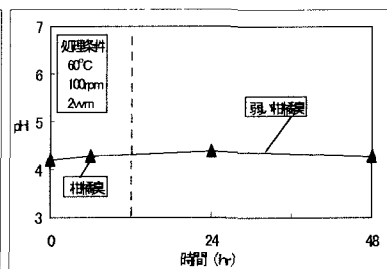


図2-2 オレンジ搾りかすの分解過程

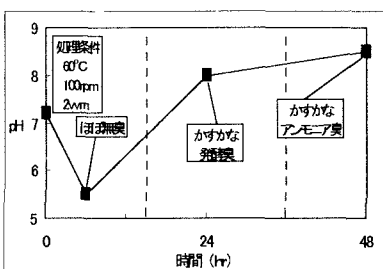


図2-3 おからの分解過程

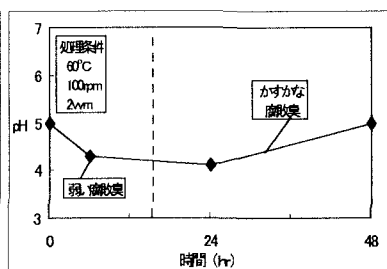


図2-4 食堂調理残渣の分解過程

表1 食品加工残渣の固形分分解率

原料	原料含水率 (%) ／固形分 (g)	回収固形分 (g) 湿重／乾重	分解率 (%)
リンゴ	73.4 / 80.6	234.0 / 21.9	81.4
オレンジ	81.7 / 91.7	317.3 / 44.1	51.9
おから	78.6 / 53.4	254.0 / 26.3	50.7
調理残渣	87.4 / 63.2	113.7 / 22.7	64.1

3.3 有機性融雪剤試料液の融氷効果

得られた濃縮有機性液に低分子有機化合物の塩を添加溶解して調製した試料液の融雪効果を、簡易室内融氷試験により、市販融雪剤の水溶液と比較評価した。その結果を、図3-1、図3-2、図3-3に示す。

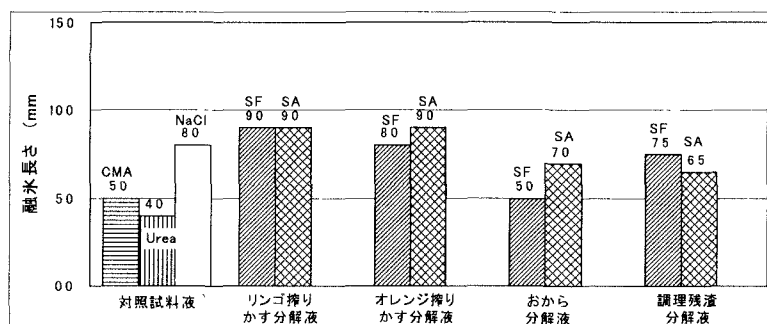
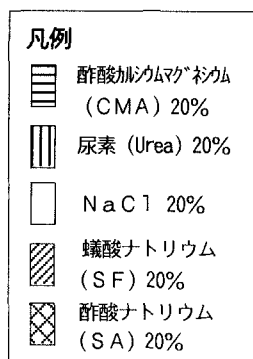


図3-1 -5°C融氷試験結果

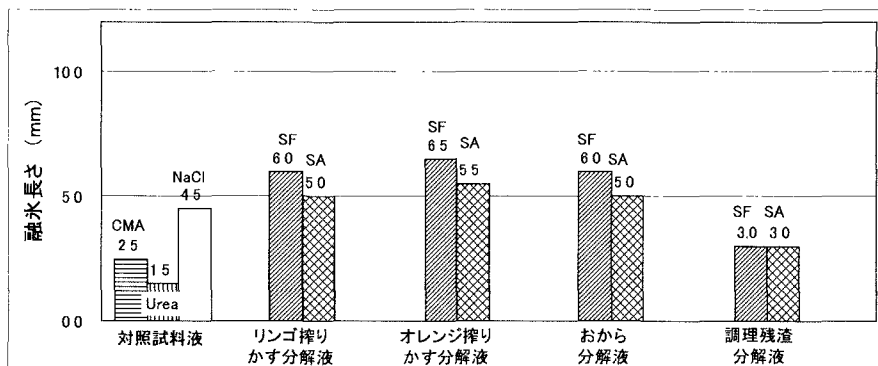


図3-2 -15°C融氷試験結果(融氷部長さ)

有機性液より調製した試料液の融雪効果とその持続性は、代表的な市販有機融雪剤である、酢酸カルシウムマグネシウムと尿素と比較して優れていることが確認された。

濃縮有機性液のみでは融雪効果はほとんど認められなかったが、調製試料の融雪効果およびその持続性は添加した有機化合物単独の場合に比べ高い値を示した。これは、有機性液に含まれる低分子有機成分やカリウムと添加成分との間の、氷点降下作用の相乗効果によると考えられた。

4. まとめ

いくつかの食品加工残渣を対象に、好熱性微生物を利用して、低臭気で効率的な分解液状化処理が可能であることを確認した。さらに、得られた低臭気の有機性分解液に低分子有機化合物の塩を添加して、環境に優しい有機性融雪液剤が調製できることを検証できた。

今回検証した有機廃棄物の分解・融雪剤化のプロセスは、食品廃棄物の資源化システムの一つとして期待される。今後、ベンチスケール規模での実証試験や処理・製造工程の効率化検討等を実施する予定である。

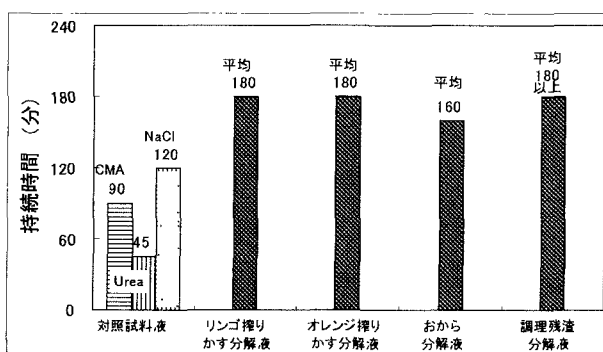


図3-3 -15°C融氷持続時間