

助成事業名称：連続式マイクロ波減圧照射・滅菌による食品産業廃液の再利用化技術の開発

助成事業者名：株式会社サンアクティス

助成年度：2003年（平成15）年度

## 1. 技術開発担当・照会先

<技術開発担当者>

・(株)サンアクティス 大阪本社 研究室 主任研究員 金山裕亮

・(株)サンアクティス 上富田工場 工場長 三津原久志

・京都大学 農学研究科 地域環境科学専攻 教授 東順一

(連絡・照会先) 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町2丁目3番16号

株式会社 サンアクティス 大阪本社 研究室 金山裕亮

電話: 06-6231-2165 FAX: 06-6231-2180

## 2. 技術開発の目的と開発内容

### [1] 技術開発の目的

食品産業廃液は着色性、腐敗の速さ、熱変性等の問題を有するため再資源化がなされておらず、廃棄も焼却がコスト高な微生物処理を強いられ、そのリサイクル技術の開発が急務となっている。本事業では、多様で腐敗の速い食品産業廃液を連続的に減圧下マイクロ波加熱処理することにより、従来になかった短時間に均一で急速な無泡下濃縮を実現し、添加物を加えず主要成分を保持しつつ滅菌した化学的にも安全な食品原料として再資源化する技術を開発することを目的とする。まずこれらの問題の発生を可能な限り抑制するために減圧下、連続的にマイクロ波照射を行う装置を導入して、黒豆煮汁のリサイクルに適用する。

### [2] 開発内容

- ・ 減圧下、連続的にマイクロ波照射を行う装置の導入
- ・ 黒豆煮汁の低温で無変性・無着色・短時間均一濃縮と滅菌技術の同時処理によるリサイクルのための最適条件の検討
- ・ 濃縮物の脱塩・成分調整による再利用を技術の開発
- ・ 濃縮物からの有価物の利用技術の開発

黒豆色素の定量と分離技術の開発を基盤にして有色食品加工廃液の成分利用技術を開発する。

黒豆煮汁のリサイクルフローチャートを図1に示した。

### 3. 廃棄物処理技術開発の成果

#### [1] 減圧下、連続的にマイクロ波照射を行う装置の導入

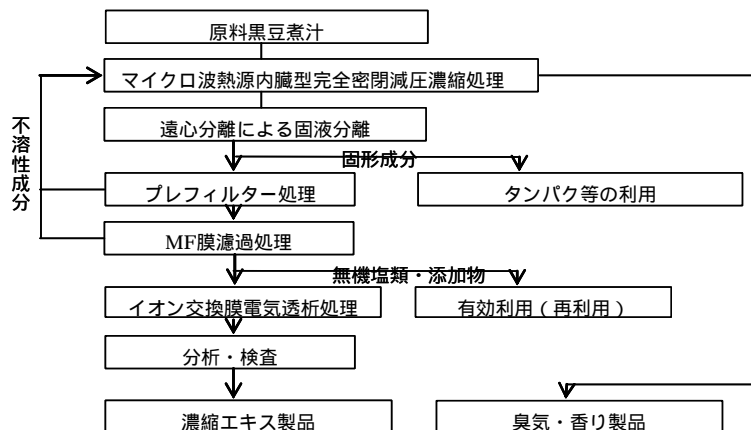
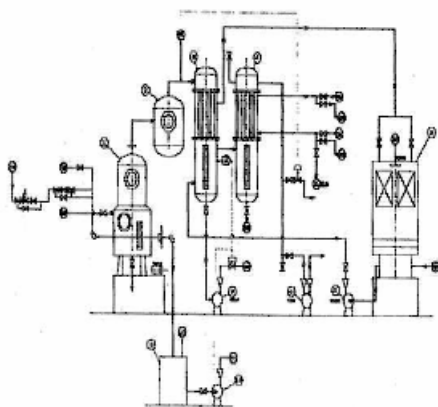


図1. 黒豆煮汁のリサイクルフローチャート

マイクロ波熱源内蔵型完全密閉減圧濃縮装置（発信周波数  $2.45 \pm 0.03\text{GHz}$ ；出力 18 kW/時；容量 500L；濃縮能力；500L/時）の設計を9月から開始し、1月に製造・設置に至った。装置の概略図と装置の全景をそれぞれ図2（1）及び（2）に示した。



(1)



(2)

図2. マイクロ波熱源内蔵完全閉鎖型減圧濃縮装置の概略図（1）と装置の全景（2）

#### [2] 黒豆煮汁廃液を用いた低温・減圧・連続的マイクロ波照射均一濃縮と滅菌の同時処理によるリサイクルの実証実験

##### (1) 黒豆煮汁のマイクロ波減圧照射・滅菌処理

黒豆煮汁 880～890L（Brix3.15、酸度 0.12、アミノ酸 0.26、pH6.16）を 500L/時の速度

で上記[1]で設計・製造・設置したマイクロ波熱源内蔵型完全密閉減圧濃縮装置に供給し、 $35 \pm 2$  torr の減圧下連続的に濃縮を行った。温度はほぼ 35 で一定であった。濃縮液約 100L (Brix47.66、酸度 1.25、アミノ酸 2.86、pH5.84) と香気成分を含んだ蒸留水約 150L を回収することができた。アントシアニンの濃度は下記[4] (1) に述べる方法により測定した結果、原料の黒豆煮汁で 0.022%、濃縮液で 0.475% であった。

#### (2) マイクロ波減圧照射・滅菌処理の効果の評価

マイクロ波熱源内蔵型完全密閉減圧濃縮装置による濃縮処理の前後で一般生菌数、大腸菌群数、カビ・酵母及び耐熱性菌数を測定した結果、一般生菌数のみ認められ、濃縮前の原料では 1000 個/g であったものが 300 個/g に減少していることが判明し、滅菌効果が確認できた。

### [3] 濃縮物の脱塩・成分調整による再利用技術の開発

#### (1) 硫酸第一鉄の脱塩

イオン交換膜を用いた電気透析による黒豆加工時に添加される硫酸第一鉄 (1%) の除去実験を行った結果、Brix から脱塩は順調に推移することが確認できた。

#### (2) 硫酸第一鉄と重曹の脱塩

イオン交換膜を用いた電気透析による黒豆加工時に添加される硫酸第一鉄と重曹の除去実験を行った結果、pH が正常に低下していることと電導度及び Brix の低下から脱塩が進行することが確認できた。また、脱塩液は 0.1  $\mu$ m、0.45  $\mu$ m いずれの MF フィルターにも透過可能であった。

#### (3) 食塩の添加による黒豆煮汁の保存性の向上と電気透析における同伴水の原理を用いた濃縮

黒豆煮汁に食塩を 16.16% になるように添加し (pH6.14) イオン交換膜を用いた電気透析実験を行った結果、7.4 倍の濃縮が可能であった。また、減圧濃縮による濃縮方法と比較すると風味が残った状態で濃縮が可能であった。しかし、脱塩時に菌の増殖の恐れが高いことが確認できた。

#### (4) 梅干回収塩の添加による pH 調整と保存性向上

黒豆煮汁に梅干の漬込み液から回収した pH の低い食塩を添加し保存性の向上と電気透析における同伴水の原理を用いた濃縮実験を行った結果、pH が 5 以下となり、菌の繁殖を抑制でき、高塩濃度と低 pH による長期間の保存が可能であることを確認した。しかし、酸性条件下におけるタンパク質の凝集の発生のため、イオン交換膜による脱塩前に中和する必要が認められ、利点がないと判断された。

### [4] 濃縮物からの有価物の利用技術の開発

#### (1) 煮汁中のアントシアニン含有量の測定

まず、黒豆煮汁及び分離した黒豆色素中に含まれているアントシアニン含量を定量する方法の開発を行った。シアニジン-3-グルコシド 1.8mg を pH3.1 の 20mM クエン酸緩衝液

100mL に溶解して 0.0018% の溶液を調製し、400 ~ 750nm における吸収スペクトルを分析した。その結果、吸収の極大は 509nm にあり  $E_{1\text{cm}}(1.0\%) = 193.5$  であることがわかった。また、吸収の位置と強度は溶媒に依存して変化し、60% アルコール中では吸収の極大は 530nm にあり  $E_{1\text{cm}}(1.0\%) = 59.3$  であることがわかった。

#### (2) 濃縮物・乾固物のアルコール抽出

濃縮物にアルコールを添加していき保存性の向上と色素の回収実験を行った結果、60 ~ 70% になるようにアルコールを添加することにより保存性が向上し、色素成分も回収できるが他の低分子成分もあわせて抽出され、経済上の問題もあり、処理法としてのメリットは無いと判断された。また、濃縮乾固物のアルコール抽出による色素成分の回収も試みたが多重回抽出しても色素の残存量が高いため抽出法としてのメリットは無いと判断された。

#### (3) 黒豆煮汁からの黒豆色素の分離条件の検討

黒豆色素の動態を黒豆加工時に硫酸第一鉄と重曹を添加する場合と無添加の場合について評価した結果、黒豆アントシアンとして煮汁を利用する目的には硫酸第一鉄と重曹を添加することは好ましくないことがわかった。そのため、黒豆色素の分離実験には無添加黒豆煮汁を用いた。

次に、無添加黒豆煮汁を D ~ H 社製の 14 種の樹脂にチャージして吸着した色素の回収実験を行った。その結果、F 社の樹脂 L が回収率 66.3% と最も高く、次いで D 社の樹脂 C が 62.6% と高いことがわかった。両樹脂共に色成分のもれ出ることが少なく、回収した色素の吸収スペクトルも色素原液と同一であった。以上の結果から、黒豆色素の分離には F 社の樹脂 L が最適と判断された。また、溶出するアルコールの濃度としては 60% が望ましいこともわかった。

#### (4) 黒豆煮汁からの黒豆色素の大量分取

無添加黒豆煮汁から、黒豆色素の大量分離実験を行った。黒豆 150kg を水 600L に漬け、80 °C で 2 時間バイルして得た煮汁 250L を 10.55kg の F 社の樹脂 L のカラムにチャージし、吸着した色素を 60% 含水エタノール 18L で溶出することにより回収した。流速は 2.15L/分であった。色素成分の含有量は煮汁ベースで 3.03% であり、アントシアン含量として 0.067w/v% であった。

### 4. まとめ

有色で易腐敗性の食品加工廃液の代表である黒豆煮汁の減圧下、連続的にマイクロ波照射を行う装置を導入して短時間に均一で急速な濃縮を実現し、電気透析・機能性膜装置による成分調整と煮汁中に存在する色素成分の分離にも成功した。今後、濃縮黒豆エキス、香気成分、黒豆アントシアンの商品開発と残存菌数を 30/100mL 以下にすることが課題であるが、本技術開発により廃液処理に困窮する多くの食品加工産業に環境配慮型産業として持続的発展をもたらすとともに、廃液を必要とする新規な食品加工品や健康食品製造等のもとより、地域の特産食品産業への応用・発展が期待されるので、地域経済への効果は極めて大きい。また、本技術が普及した場合、地域性の高い多種多様な食品加工廃液の河川・海洋への排出による環境への悪影響を極小化することに成功し、インバースマニュファクチュアリングの創製に寄与する。