

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 塩野 貴史

本論文は、吸着剤による飲料中のカフェイン除去に着目し、天然吸着剤であるモンモリロナイトを中心に、飲料中のカフェイン吸着における選択性と汎用性評価および吸着剤の改質が及ぼす影響について、詳細に検討した結果をまとめたものである。

茶やコーヒーなどの嗜好飲料は日常の食生活や食文化に密着した飲み物として世界中で広く飲用されている。しかし、近年のカフェイン製剤やエナジードリンクの普及に伴って、カフェインの過剰摂取に対する懸念が示されており、飲用シーンや体質・体調に応じてカフェイン摂取量を調節したいという社会的ニーズが高まっている。本論文では、長年困難と考えられてきた飲料中の選択的なカフェイン除去と飲料品質の両立という課題に対し、飲料中のカフェイン吸着における高い選択性と汎用性を有しているモンモリロナイトの飲料製造における有用性を示し、その活用と今後の展望について述べている。本論文の構成は7つの章からなる。

第1章では、従来のカフェイン除去技術における課題と本研究で対象とした天然吸着剤であるモンモリロナイトの特徴を、第2章ではカフェインの生理作用を、先行研究を中心に紹介した。さらに、カフェイン摂取量の調節という社会的な課題と飲料中のカフェイン除去による期待効果を総括し、次章以降の導入の役割を果たしている。

第3章では、飲料中のカフェイン吸着における選択性について、モンモリロナイトと活性炭の緑茶およびコーヒー抽出液中の吸着特性を比較した。モンモリロナイトによるカフェイン吸着は、活性炭と比較して、緑茶およびコーヒー抽出液中においてもカフェイン吸着が速やかに進行した。さらに、活性炭が緑茶抽出液中のカテキン類およびコーヒー抽出液中のクロロゲン酸類を吸着するのに対し、モンモリロナイトでは緑茶およびコーヒー抽出液中の上記ポリフェノール類の吸着がほとんど確認されなかったことから、モンモリロナイトは飲料中のカフェイン吸着において高い選択性を有しており、カフェイン除去と嗜好飲料としての良好な香味を両立できる可能性が示唆された。

第4章では、モンモリロナイトと飲料の接触条件が及ぼす影響について評価した。モンモリロナイトによる飲料中のカフェイン吸着能は食品製造の範疇である pH (4~8)、温度 (5~35°C) では pH、温度に依らず一定であったが、モンモリロナイトから

の鉄イオン溶出は低 pH および高温では促進され、鉄イオンの溶出に伴って液色が悪化した。これらの結果より、モンモリロナイトのカフェイン吸着と鉄イオン溶出の特性の違いを利用して、接触条件を調節することで、カフェインを吸着させつつ茶飲料の外観品質が維持できることが示唆された。

第5章では、モンモリロナイトによるカフェイン除去技術の汎用性について、飲料の違いがモンモリロナイトのカフェイン吸着特性に及ぼす影響を評価した。茶抽出液におけるモンモリロナイトのカフェイン吸着特性は、茶葉の発酵度や産地の違いに依らず同等であったことから、茶種の違いによる影響をほとんど受けないことが示唆された。同様に、コーヒー抽出液におけるカフェイン吸着特性は、コーヒー豆の品種の影響をわずかに受けるものの、焙煎度や産地の違いによる影響はほとんど受けないことが示唆された。これらの結果より、モンモリロナイトによるカフェイン除去技術は幅広い飲料に適用可能な汎用性を有していることが明らかになった。

第6章では、モンモリロナイトの改質処理が及ぼす影響を評価した。モンモリロナイト処理後のデカフェ茶飲料では、低温保管時に継時的に濁りが発生し、この原因として、層間のカルシウムイオンが茶抽出液との接触時に溶出し、茶中のシュウ酸イオンと反応してシュウ酸カルシウムが生成・析出していることを特定した。そこで、層間イオンをカルシウム以外の各種陽イオンに置換したイオン置換モンモリロナイトを調製し、層間イオンの影響を調べたところ、イオン置換モンモリロナイトで処理したデカフェ茶飲料ではカルシウムイオン濃度の増加やシュウ酸イオン濃度の低下および濁りの発生は確認されなかった。また、イオン置換後もモンモリロナイトのカフェイン吸着能は維持されていたことから、イオン置換モンモリロナイトを用いることでカフェイン吸着と茶飲料の外観品質における保存安定性維持が両立できることが示唆された。

第7章は総括であり、各章の結果をまとめるとともに、本研究成果を活用したカフェインゼロ茶飲料の実現によるカフェイン摂取量調節という社会的課題への貢献について触れ、吸着機構の解明や新規吸着剤の創出といった今後の展望を述べている。

以上、本研究は吸着剤による飲料中の選択的なカフェイン除去と飲料品質の両立に向けたものであり、実際に本知見を活用し、モンモリロナイトを用いたカフェイン除去技術の工業化を達成したことは特筆に値する。また、食品製造における高い選択性と汎用性および品質との両立を目指す上で、当該分野の研究者にとって学術上、産業上の観点で参考になる点が少なくない。よって、審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。