

	かいたい
氏 名	葛西 大介
本籍（国籍）	北海道
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第連研 688 号
学位授与年月日	平成 29 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物資源科学
学位論文題目	ビート、チコリから抽出された機能性素材の食品への添加効果 (Effect to processed foods of the functional material extracted from beat and chicory)
学位審査委員	主査 帯広畜産大学教授 福島 道広 副査 島田 謙一郎(帯広 准教授),長澤 孝志(岩手 教授),前多 隼 人(弘前 准教授)

論文の内容の要旨

ビートから抽出されるベタインや、チコリーから抽出されるイヌリンは機能性素材として注目、利用がなされている。これらは十勝地域の主要な作物、あるいは新規作物として期待される作物であり、これらを用いた加工食品の開発や付加価値化によりさらなる需要を喚起することで、十勝地域の農業維持、新産業創出に資することが可能と考えられる。本研究では、これらの機能性素材の食品への利用促進を検討するため、ベタインおよびイヌリンの基礎的な特性を調査し、それに基づく用途開発を検討した。さらに、イヌリンについては開発された製品のヒト試験による健康機能性についても検討した。

1) ベタインの用途開発

ベタインが有する味質について、味覚センサーを用いて改めて調査し、さらに、ベタインが他の呈味物質に与える影響を調査した。その結果、従来報告されている甘味、旨味、わずかな苦味の他に、高濃度では塩味を有する可能性や他の呈味物質との共存下ではベタインの苦味が抑制される可能性を新たに示した。また、ベタインの添加により、従来報告されている塩なれ効果、酸味低減効果の他に、タウリンやグリシンとの共存による旨味増強効果やカテキン類の渋味抑制効果の可能性を新たに示した。実際の加工食品に添加した場合においても、梅漬けや大和煮のタレ、めんつゆへの添加試験で塩なれ効果を確認し、梅漬け、グレープフルーツジュース、栄養ドリンクへの添加試験で酸味抑制効果を確認した。緑茶飲料への添加試験では、渋味抑制効果

の可能性を新たに示した。機能性素材としての利用を考えた場合、日常的に摂取可能な加工食品への利用が重要となるため、食パンへの添加を検討した。機能性が期待できる量のベタインを食パンに添加すると、通常の製パン方法では食パンが膨化せず製パン性が著しく劣化したため、ベタインの添加タイミングを遅らせ、生地のみキシング後半に添加することで、製パン性が改善できた。これにより、ベタインの健康機能性を付与した付加価値の高い食パンの開発が可能であることを示した。

2) イヌリンの用途開発

イヌリンでは十勝産チコリーから抽出されたとかちイヌリンについて、その特性を調査し、市販品との比較を行い、これに基づく利用特性を改めて調査した。その結果、とかちイヌリン(DP 15)は pH 安定性、加熱安定性、保湿性は市販高重合イヌリンのオラフティ HP(DP 23)と類似した特性を示す一方で、メイラード反応性は市販低重合イヌリンのフジ FF(DP 16)と類似した特性を示し、溶解度、ゲル形成能、形成ゲルの物性は市販低重合イヌリンと高重合イヌリンの中間の特性を示すことを明らかにした。実際の加工食品に添加した場合においても、クリームチーズへの添加試験で滑らかで柔らかい物性に改善できることを示した。とかちイヌリンの不足により、他の加工食品においては、同じチコリー根から抽出されたオラフティ GR(DP 10)を代用して調査した結果、生パスタの物性改良、バタークッキーの食感改良、ヨーグルトの比重調整、ソーセージの脂肪代替によるエネルギー低減などに効果があることを示し、とかちイヌリンでの利用可能性が改めて期待された。機能性素材としての利用を考えた場合、日常的に摂取可能な加工食品への利用が重要となるが、イヌリンは古くから研究され、利用されているため、新たな特徴やストーリーの付与が必要であった。このため、十勝地域の代表的な加工食品であるチーズ製造で排出された液体ホエイと組合せたホエイ・イヌリン混合物(MIW)を開発した。MIW はオラフティ GR を用いているが、単に水で溶解したものに比べて良好な風味を有し、ホエイパウダー水溶液との混合物に比べて白く、好ましい色調と風味を有した。また、予め混合したことで、調理における作業性、汎用性が高く、冷凍耐性も高いため、日常的に摂取しやすい食品素材となった。この製品がイヌリンやホエイ中の乳糖等によるプレバイオティクス効果を有するか、便秘傾向を有する健常成人男女を用いて排便状態と腸内細菌叢を調査し、便秘改善効果や腸内環境改善効果を検討した。この結果、腸内細菌叢にプラセボ群との有意差は認められなかったが、排便回数は有意($p < 0.05$)に増加したことから、MIW の摂取により便秘改善効果が期待できることを示した。

本研究により、十勝地域のビート生産の維持、新規作物としてのチコリー

栽培による新産業創出に資するベタインやイヌリンの需要喚起に向けた多くの知見を得た。尚、この成果は地域食品加工業への技術移転により、市販品を用いた多くの製品化がなされた。

論文審査の結果の要旨

本研究ではビートから抽出されるベタインやチコリから抽出されるイヌリンは機能性素材として注目、利用がなされている。これらは十勝地域の主要な作物、あるいは新規作物として期待される作物であり、これらを用いた加工食品の開発や付加価値化によりさらなる需要を喚起することで、十勝地域の農業維持、新産業創出に資することが期待される。今回これらの機能性素材の食品への利用を検討するため、ベタインおよびイヌリンの基礎的な特性を調査し、それに基づく用途開発を検討した。さらに、イヌリンについては開発された製品のヒト試験による健康機能性についても検討した。

1) ベタインの用途開発

ベタインが有する味質およびベタインが他の呈味物質に与える影響を調査した。その結果、高濃度では塩味を有する可能性や他の呈味物質との共存下ではベタインの苦味が抑制される可能性を新たに示した。また、ベタインの添加により、タウリンやグリシンとの共存による旨味増強効果やカテキン類の渋味抑制効果の可能性を新たに示した。実際の加工食品に添加した場合においても、梅漬けや大和煮のタレ、めんつゆへの添加試験で塩なれ効果を確認し、梅漬け、グレープフルーツジュース、栄養ドリンクへの添加試験で酸味抑制効果を確認した。緑茶飲料への添加試験では渋味抑制効果の可能性を新たに示した。また、加工食品への利用を考え食パンへの添加を検討した。その結果、通常の製パン方法では食パンが膨化せず製パン性が著しく劣化したため、ベタインの添加タイミングを生地のみキシング後半にすることで、製パン性が改善できた。

2) イヌリンの用途開発

イヌリンでは十勝産チコリから抽出されたとかちイヌリンについて、その特性を調査し、市販品との比較を行い、その利用特性を調査した。その結果、とかちイヌリン(DP 15)は pH 安定性、加熱安定性、保湿性で市販高重合イヌリン(DP 23)と類似した特性を示す一方、メイラード反応性は市販低重合イヌリン(DP 16)と類似した特性を示した。溶解度、ゲル形成能、形成ゲルの物性は市販低重合イヌリンと高重合イヌリンの中間の特性を示すことを明らかにした。加工食品に添加した場合においても、クリームチーズへの添加試験で

滑らかで柔らかい物性に改善できることを示した。その他にも生パスタの物性改良，バタークッキーの食感改良，ヨーグルトの比重調整，ソーセージの脂肪代替によるエネルギー低減などに効果があることを示し，多様な可能性が期待された。さらに機能性素材として，液体ホエイと組合せたホエイ・イヌリン混合物(MIW)を開発した。この製品は良好な色調と風味を有しており，またイヌリンやホエイ中の乳糖等によるプレバイオティクス効果を有するか，便秘傾向を有する健常成人男女を用いて排便状態と腸内細菌叢を調査・検討した。この結果，腸内細菌叢にプラセボ群との有意差は認められなかったが，MIWの摂取前と摂取後と比較すると乳酸菌($p<0.01$)やビフィズス菌($p<0.05$)など有意な増加がみられ，プラセボ群と比較して排便回数は有意($p<0.05$)に増加し，MIWの摂取により便秘改善効果が期待できることを示唆した。本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

主論文

1. 葛西大介，興水美奈，大庭潔，長谷川秀樹，名倉泰三，山内宏昭，韓圭鎬，島田謙一郎，福島道広（2016）

ベタイン添加食パン生地の製パン性の改善。

日本食品科学工学会誌 63(9)：405-414

2. 葛西大介，梅沢晃，興水美奈，佐々木香子，大庭潔，菊地裕人，内野浩克，赤部紀夫，韓圭鎬，島田謙一郎，福島道広（2016）

イヌリン・ホエイ混合物が便秘傾向を有する健常成人男女の排便状態および腸内細菌叢に及ぼす影響

ルミナコイド研究 20(2)：95-103

参考論文

佐藤仁樹，葛西大介，佐藤雅子（2015）

遺伝的アルゴリズムによる汎化能力の最適化-関数近似とパターン認識への応用-

信学技報 115(150)：57-62