

近赤外分光法によるエダマメのマルトース含有量の予測法

紺谷明日香・樋口あかり^{1,)}・高砂 健^{1,)}・白田純也^{2,)}・浪波史子^{3,)}・夏賀元康^{4,)}

(山形県村山総合支庁農業技術普及課^{1,)} 山形県農業総合研究センター・

^{2,)} 山形県庄内総合支庁農業技術普及課^{3,)} 山形県産業労働部^{4,)} 山形大学)

Prediction of maltose content in edamame by near infrared spectroscopy

Asuka KONTANI, Akari HIGUCHI^{1,)}, Takeshi TAKASAGO^{1,)}, Junya SHIRATA^{2,)}, Fumiko NAMIWA^{3,)}
and Motoyasu NATSUGA^{4,)}

(Yamagata Murayama Agricultural Technology and Extension Division・

^{1,)}Yamagata Integrated Agricultural Research Center・^{2,)}Yamagata Shonai Agricultural Technology and
Extension Division・^{3,)}Yamagata Department of Industry and Labor・^{4,)}Yamagata University)

1 はじめに

山形県では県や全農、農協、生産者が連携しエダマメのブランド化戦略を推進している。

「だだちゃ豆」等の茶毛系品種の産地である庄内地域では、近赤外分光法を用いて、甘味成分であるスクロース及び旨味成分である総遊離アミノ酸の子実中含量を生莢のまま予測できる技術¹⁾を活用し、良食味安定生産に取り組んでいる。

一方、内陸地域の主力品種である「秘伝」等の晩生の白毛系品種は「だだちゃ豆」と糖組成が異なり、既存技術の適用が難しいことが課題となっている。

通常「秘伝」は「だだちゃ豆」に比べスクロース含有量が少ないが、加熱することで発現するマルトース含有量が多く、甘味を補強していると考えられる(図1)。そこで、近赤外分光法によるマルトース含有量の予測法を検討した。

2 試験方法

(1) 供試試料

2019年から2023年までに、主に山形県農業総合研究センター園芸農業研究所で栽培されたエダマメ計160点を検量線作成に用いた。マルトースの成分範囲が大きくなるよう、且つ成分値が偏らないよう41品種・系統を選定した。エダマメは収穫・脱莢後に、出荷基準を満たす莢厚8~10mm、2粒以上で傷等の無い莢を選別した。洗浄後、莢付きのまま電子レンジ対応の袋に約220g詰め、500Wで6分間加熱し、マルトースを発現させた。加熱後はザルに広げ、室温(25℃設定)になるまで約10分間放冷し、水気を十分に拭き取った。

(2) 近赤外分析計によるスペクトル測定

透過型近赤外分析計 InfratecTMNOVA (Foss社) にオプションのサンプルトランスポートモジュールを装着し、厚さ29mmの専用セルに莢付きのまま20莢程度を充填し、スペクトルを測定した(図2)。セルへの充填から測定終了までにかかる時間は1回あたり約5分であった。測定条件は波長範囲850-1048nm、波長間隔2nm、光路長29mm、分析計内部の繰り返し測定数10とした。1試料あたり3反復測定した。

(3) 化学分析

スペクトル測定後のエダマメから子実のみを取り出し、凍結乾燥後、ミルで粉碎しエタノール抽出を行った。マルトース含有量を、高速液体クロマトグラフィーを用いたグアニジン・ポストカラム蛍光誘導体法にて測定した。化学分析の結果を表1に示した。供試試料の成分範囲は0.04~1.67%(g/100g新鮮重)、化学分析の繰り返し測定差の標準偏差(Standard Deviation of the Difference; SDD)は0.06%だった。SDDは化学分析の精度の指標で、検量線の精度の判断基準となる²⁾。

(4) 検量線の作成と評価

検量線作成ソフト Win ISI 4.9.0 (Foss社) を用いて、Full Cross Validation法によるPLS回帰分析により検量線の作成と評価を行った。なおスムージングや微分処理などのスペクトル前処理は一切行わなかった。また検量線の実用精度を評価するため、2023年の試料(n=34)を未知試料として2019~2022年試料(n=126)で作成した検量線で予測した。

3 試験結果及び考察

検量線の作成結果を図3に示した。3反復の平均スペクトルを用いた場合の予測精度は $R^2=0.80$ 、SECV(検量線作成時の標準誤差)=0.20%であった。SECVは通常SDDより大きくなるが、SDDの5倍以下程度であれば精度良好と判断される。今回の結果では、SECVはSDD(表1)の3倍程度であり、良好な検量線ができた。また、スペクトル測定3反復のうち1回目だけのスペクトルで検量線を作成したところ、 $R^2=0.78$ 、SECV=0.21%(表2)であり、測定時間を考慮すれば、1回目だけの予測でも十分実用性が確保できると考えられた。

続いて検量線の評価結果を図4に示した。2023年試料の予測結果は $R^2=0.84$ 、SEP(予測の標準誤差)=0.22%で、Bias(予測値と化学分析値の差の平均)=-0.13%は観測されたものの、2019~2022年の検量線作成時の精度(SECV=0.22%)と比較して十分小さいことから、未知試料も安定した精度で予測できる検量線であることが示唆された。

4 まとめ

本研究では、良食味エダマメの安定生産に資するため、エダマメのマルトース含有量を近赤外分光法により予測する方法を検討した。莢付きエダマメを電子レンジで6分間加熱処理しマルトースを発現させた後、20莢程度を専用セルに詰め、穀物用近赤外成分分析計 Infratec™NOVA にて波長範囲 850～1048nm、2nm 間隔、光路長 29mm で約1分間測定することで、子実中のマルトース含有量を $R^2=0.80$ 、 $SECV=0.20\%$ の精度で予測できる検量線を開発した。検量線の評価した結果、 $R^2=0.84$ 、 $SEP=0.22\%$ と実用性も示された。

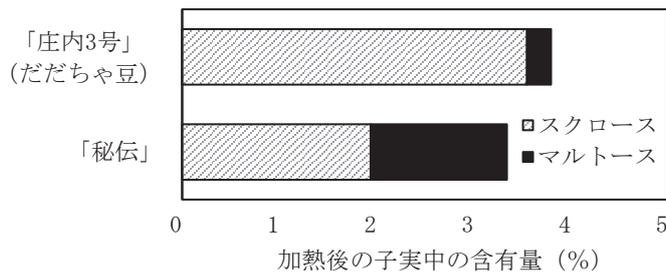


図1 「秘伝」と「庄内3号 (だだちゃ豆)」の糖組成の違い (2020年)

表1 加熱後子実中のマルトースの化学分析値及び SDD

n	成分範囲	平均	標準偏差	SDD ^{z)}
160	0.04 - 1.67	0.86	0.45	0.06

単位：% z) 化学分析の繰り返し測定間の差の標準偏差 (Standard Deviation of the Difference)

表2 2019～2023年試料を用いたマルトース検量線作成結果

n	スペクトル ^{x)}	nF ^{y)}	R ²	SECV (%) ^{z)}
160	1回目	14	0.78	0.21
	3回平均	16	0.80	0.20

x) 検量線作成に使用したスペクトル、3回測定のうち1回のみ、又は平均

y) PLS回帰分析のファクター数、少ないほど良い

z) 検量線作成時 (Cross Validation) の標準誤差

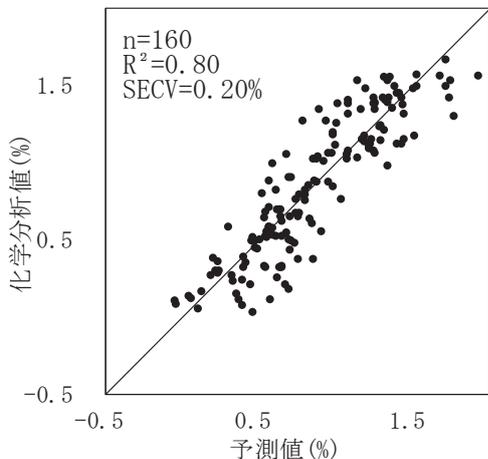


図3 2019～2023年試料を用いたマルトース検量線作成結果の散布図 (SECV: 検量線作成時の標準誤差)

引用文献

- 1) 江頭宏昌, 夏賀元康, 須江芳恵, 池田剛士, 千田智哉, 堀之内名那子, 赤澤経也. 2011. 近赤外分光法によるエダマメの品質測定 (第2報). 農業機械学会誌 73(1):51-56.
- 2) 須江芳恵, 夏賀元康, 江頭宏昌, 池田剛士, 千田智哉, 堀之内名那子, 赤澤経也. 2009. 近赤外分光法によるエダマメの品質測定 (第1報). 農業機械学会誌 71(6):98-105.



図2 サンプルトランスポートモジュールを装着した近赤外分析計 Infratec™NOVA (左) と専用セル (右)

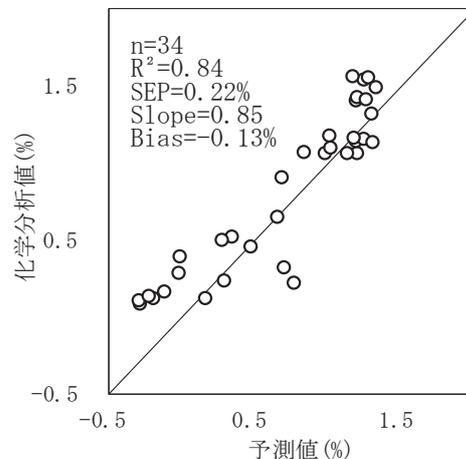


図4 2019～2022年試料の検量線による2023年試料 (n=34) のマルトース含有量の予測結果 (SEP: 予測時の標準誤差、Bias: 予測値と化学分析値の差の平均)