氏名	伊東　利博
学位の種類	博　士（　　農学　　）
学位記番号	博　乙　第　2774　号
学位授与年月日	平成　28年　2月　29日
学位授与の要件	学位規則第４条第２項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	エクストルージョン・クッキングが脂質の消化・吸収性に与える影響とその制御に関する研究

主査	筑波大学教授	工学博士	中嶋　光敏
副査	筑波大学教授	博士（工学）	市川　創作
副査	筑波大学教授（連携）	工学博士	杉山　純一
副査	筑波大学助教	博士（農学）	マルコス　ネヴェス

論　文　の　要　旨

生活習慣病発症者が増加し続けている現代において、オーダーメード栄養学の重要性が高まっている。しかし、単純に栄養素の増減に着目した食事は、「おいしさ」を損ないかねない。そのため例えば、油脂の消化吸収を制御する方法が検討されてきた。それは主に、油脂の本体であるトリアシルグリセロールの分子種を化学的に変化させる方法がとられてきた。

本研究では、従来の化学的加工ではなく、物理的加工により油脂の消化・吸収を制御する可能性について検討した。具体的には油脂を澱粉と混合し、エクストルージョン・クッキング加工法で処理した場合の油脂の吸収について、検討した。

まず油脂と澱粉の混合物をエクストルージョン・クッキングした際の押出物の物性と処理条件の検討を行った。試料はコーンスターチのみ(その処理物を EXS とする)、および大豆油とコーンスターチの混合物(その処理物を EXO とする)とし、その配合比率は 13.1：86.9 とした。処理温度は一定とし、原料投入口に近い順に 50，60、95、90℃とした。可変条件を供給水分量とスクリュー速度とした。供給水分量は 20、50、70%の 3 段階、スクリュー速度は 50、100、200rpm の 3 段階とし、全ての組み合わせ、つまり 9 通りの条件で処理を行った。押出物の評価は糊化度、保水性、冷水溶解性について行い、処理条件の影響について応答曲面法を用い、2 因子 2 次モデルを推定モデルとして検討を行った。

EXS のモデル実験式において、糊化度はスクリュー速度と一次関係が認められた。物理的にはスクリュー速度の上昇により、澱粉と水の混練効率が上昇し、より水和することで糊化が促進されたと考えられる。また添加水分とスクリュー速度の相互作用が糊化度を低下させることが示された。EXO のモデル実験式においても EXS と同様、糊化度はスクリュー速度との一次関係と添加水分との相互作用が有意な影響を持つことが認められた。さらに EXS では認められなかった添加水分との一次関係が認められた。EXO ではあらかじめ混合された油脂が澱粉と水の水和を阻害していると考えられ、低水分ではその阻害効果が相対的に大きいが、高水分では油脂自体が水に分散されるなどして阻害効果が減少したものと考えられる。

保水性は EXS と EXO とともに、供給水分量との一次関係および二次関係が認められ、また相互作用の効果は負であることが示された。澱粉の結晶部が融解、膨潤すること、およびデキストリン化により保水力が上昇することが示唆された。

冷水溶解性については、EXS では、供給水分量、スクリュー速度ともに二次の関係と相互作用の存在が認められた。最高水分において糊化が、最低水分においてデキストリン化が促進され、アミロースや水溶性低分子が生成され WSI が上昇したものと考えられる。EXO では供給水分量との一次関係と相互作用が影響を与えることを示すモデル式が得られた。水分が減少することでデキストリン化が生じ、WSI を上昇させるという点では EXS と同様であるが、油脂による水和阻害効果が生じること、デキストリン化の影響が大きく、糊化の影響が相殺されるために、EXS の様に二次の関係ではなく、一次関係となったものと考えられる。

次に押出物の消化性および生理学的影響を検討するため、動物への摂食試験を行った。実験動物として 3 週齢 SD ラットを用い、1 群 8 匹(対照群のみ 9 匹)、自由摂食、自由飲水、12 時間毎の明暗サイクルで 4 週間飼育を行った。試料は AIN-93G をベースとし、油脂を 8%とした。EXS 群には澱粉部をすべて EXS に置換した飼料、EXO 群は澱粉部と油脂部をすべて EXO に置換した飼料とした。EXS と EXO の処理条件は、上記と同様の条件で供給水分量 50%・スクリュー速度 100rpm とした。この時の糊化度はそれぞれ 73.4%と 74.0%だった。対照群は澱粉部を通常通り未糊化澱粉と糊化澱粉としたが、その比率は全体の糊化度が 74%となるように調整し、3 群の糊化度を同程度とした。

糞量および糞中の総脂質に 3 群間に有意差はなかったが、中性脂肪において EXO 群が他の 2 群より有意に高値を示した。つまり、エクストルージョン処理により、油脂の消化吸収量が低下することを示唆する結果を得た。しかし体重増加量、肝臓重量、白色脂肪細胞重量(睾丸周囲、腎周囲、腸間膜)、血清中の中性脂肪、遊離脂肪酸などに 3 群間で有意差はなかった。

脂質代謝関連遺伝子群の転写因子である PPAR の発現量について調査したところ、PPARα について EXS 群と EXO 群が Control 群に対し有意に減少していた。そこで肝臓粗抽出物の酵素活性について検討した結果、カルニチンパルミトイルトランスフェラーゼなどの酵素活性に 3 群間で有意差はなかったが、ATP-クエン酸リアーゼの活性に関し EXS 群が有意に低値を示した。

以上、本研究では油脂と澱粉の混合物をエクストルージョン・クッキングする際の処理条件と生産物の物性の関係を明らかにし、生産物の物性制御のための基礎的な知見を得た。さらにエクストルージョン生産物の消化吸収について検討を行い、油脂と澱粉の混合物をエクストルージョン処理することにより油脂の消化吸収量が低下することを見出し、物理的な処理による油脂の消化吸収制御の可能性を見出した。本研究により、今後エクストルージョン処理により物性と消化吸収を同時に制御された食品の開発へつながる知見を得た。

審　査　の　要　旨

生活習慣病罹患者が年々増加する一方、高齢者や若年女性を中心に低栄養状態の人が増加している我が国において、油脂の消化吸収の制御は行政、食品製造業界、医療界においてきわめて重要な課題の一つである。こうした背景より油脂の化学的改質は古くから行われてきたが、その製造は工程が煩雑であり、改質された油脂自身を含め、食品としての物性や風味に対する検討は不十分であった。

本研究は食品の物性を変化させながら、同時に油脂の消化吸収を制御する新たな方法として物理的な処理法の可能性を検討した。物理的処理方法としてエクストルージョン・クッキングを採用し、物性制御の基礎となる処理条件と生産物の物性との相関関係を解明したとともに、その物性変化が油脂の消化吸収の変化をもたらすものである可能性を見出した。実際に動物試験を実施し、澱粉-油脂混合物のエクストルージョン処理物の油脂吸収率が低下することを実証した。以上、新たな油脂の消化吸収制御に繋がる多くの知見が得られた。

平成28年１月15日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び学力の確認を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。