



Poznań University of Life Sciences

Faculty of Food Science and Nutrition

mgr Marcellus Arnold

**Innowacyjne techniki impregnacji i optymalizacja procesów
w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych,
funkcjonalnych, enzymatycznych i sensorycznych
liofilizowanych przekąsek jabłkowych**

Innovative impregnation techniques and process optimization
for shaping the physicochemical, functional, enzymatic, and sensory properties
of freeze-dried apple snacks

Doctoral dissertation in the field of agricultural science
in the discipline of food technology and nutrition

Scientific supervisor:

prof. dr hab. Anna Gramza-Michałowska

Department of Gastronomy Science and Functional Foods

Faculty of Food Science and Nutrition

Poznań, 2025

Streszczenie

Wysoka częstość występowania osteoporozy i niedoboru wapnia stała się impulsem do opracowania żywności funkcjonalnej z lokalnych zasobów, wspierającej cele zrównoważonego rozwoju wg. Organizacji Narodów Zjednoczonych. Celem niniejszego badania było opracowanie liofilizowanej przekąski jabłkowej przeciwutleniaczami z soku z rokitnika zwyczajnego (SB) oraz wapniem przy zastosowaniu procesu impregnacji, a także ocena aktywności enzymów brązowienia w celu oceny jakości produktu. Aby osiągnąć ten cel, przeprowadzono badania składające się z trzech etapów. W etapie 1 zoptymalizowano warunki impregnacji pod ciśnieniem atmosferycznym, stosując różne stężenia soku z rokitnika i mleczanu wapnia (CaL), różny stosunek inuliny do soku z rokitnika oraz temperaturę i czas procesu. Wykazano, że w porównaniu z liofilizowanym świeżym jabłkiem (FA) i świeżym jabłkiem po zanurzeniu w 1% kwasie askorbinowym (FA+AA), najniższe straty aktywności przeciwutleniaczy i zwiększoną zawartość wapnia uzyskano w produkcie przygotowanym przy zastosowaniu 93,8% soku z rokitnika (w/w), 4% CaL (w/w) w temperaturze 30°C przez 120 minut. W etapie 2 (dostosowując warunki z etapu 1 z 0 i 4% CaL), stwierdzono, że impregnacja próżniowa (VI) i impregnacja wspomagana ultradźwiękami (US) wpłynęły na poprawę aktywności przeciwutleniającej i zawartość wapnia w produkcie liofilizowanym w porównaniu z impregnacją konwencjonalną (atmosferyczną), FA i FA+AA. Najwyższą aktywność przeciwutleniającą zaobserwowano w VI dla 200 mbar i US dla 30 minut przy 0% CaL, natomiast najwyższą zawartość wapnia stwierdzono w VI dla 200 mbar i US dla 20 minut przy 4% CaL. W etapie 3 oceniono wpływ 3-miesięcznego przechowywania na właściwości funkcjonalne, enzymatyczne i sensoryczne liofilizowanych jabłek po impregnacji (IMP) z dostosowaniem wybranych warunków z etapu 1. IMP wpłynęło korzystnie na aktywność przeciwutleniającą i zawartość wapnia niż FA i FA+AA. We wszystkich etapach liofilizowane próbki impregnowane wykazały zmieniony skład związków fenolowych (zdominowany przez pochodne izoramnetyny) i karotenoidów w porównaniu z FA i FA+AA. Stwierdzono, że proces brązowienia enzymatycznego był zależny od zastosowanego roztworu impregnującego, VI i US oraz okresu przechowywania. Przeprowadzona ocena sensoryczna próbek liofilizowanych i impregnowanych, zwłaszcza z 4% CaL, wskazała na ich wyższą chrupkość w porównaniu z FA i FA+AA zarówno świeżo przygotowanymi, jak i po przechowywaniu. W toku przeprowadzonych badań potwierdzono, że opracowany produkt wykazuje potencjał jako alternatywna żywność funkcjonalna mająca na celu zmniejszenie ryzyka osteoporozy i niedoboru wapnia.

Słowa kluczowe: przeciwutleniacze, jabłko, wapń, impregnacja, rokitnik zwyczajny, zrównoważony rozwój.


Marcellus Arnold
26-09-2025