

Summary / Abstract

This PhD work is based on the research project “New Generation of Cellulose Fibre-based Packaging Materials for Sustainability” (NEWGENPAK), an innovated solution for making antimicrobial packaging for industry. An active antimicrobial emulsion system based on natural substances was developed, which could be used as additives in commercial coating formulations for food packaging applications.

Natural food grade antimicrobial agents essential oils (from China) were studied and selected according to their high antimicrobial activity's efficiency and broad spectrum of action; cinnamon oil exhibited the best activity. Then, a stable high concentrated o/w multiphase micro-emulsion system was designed based on selected substance, including bioactive cinnamon oil, food oils (rapeseeds oil or lard) and modified octenyl succinic anhydride starch as macromolecular emulsifier. Furthermore, systems containing additionally whey protein or high amylose starch were considered as potential methods to enhance the properties and functionalities of the system. Finally antimicrobial activity and rheology behaviour of final formulations were successfully evaluated with selected typical commercial coating varnishes used in paperboard packaging production processes. The antimicrobial activities of the pre-emulsion with cinnamon oil depended on the coating formulation used. A 5% pre-emulsion in a 4 g/m² coating yielded a 1.5–2.5 log of reduction on both *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* using the JISz2801 antimicrobial test. The rheology behaviours of pre-emulsions in coatings were industrially acceptable, which will enable their real-world application. However, their safety issues and odours need further study.

Niniejsza praca doktorska została wykonana i napisana dzięki wsparciu z projektu badawczego "New Generation of Cellulose Fibre-based Packaging Materials for Sustainability" (NewGenPak). W ramach pracy skoncentrowano się na opracowaniu rozwiązania, które potencjalnie może znaleźć zastosowanie w antymikrobiologicznych opakowaniach i które może zostać wdrożone w przemyśle. Podczas badań opracowano antymikrobiologiczną emulsję, bazującą na naturalnych produktach; taka emulsja może być stosowana jako dodatek do komercyjnych lakierów i powłok stosowanych w przemyśle opakowaniowym (w tym do opakowań przeznaczonych do pakowania żywności).

W ramach niniejszej pracy doktorskiej badano dopuszczone do kontaktu z żywnością pochodzące z Chin olejki eteryczne o właściwościach antymikrobiologicznych; spośród nich ze względu na ich skuteczność i szerokie spectrum działania wybrano olejek cytrynowy. Emulsja wstępna zawierająca olejek przygotowana została przy użyciu bezwodnego oktenylobursztynianu skrobi (OSA, Purity Gum Ultra, Niemcy); stwierdzono, że taki układ pozostawał stabilny przez co najmniej 10 tygodni, zwłaszcza po dodaniu do układu wybranych tłuszczów spożywczych (olej rzepakowy, smalec). Aby polepszyć działanie olejku cytrynowego badano również układy zawierające białko serwatkowe oraz amylozę.

Antymikrobiologiczne działanie olejku cytrynowego uzależnione było od użytej matrycy (lakieru lub substancji powlekającej). Stwierdzono, że dodatek 5% opracowanej emulsji zawierającej olejek cytrynowy powoduje redukcję 1.5 – 2.5 log zarówno względem *Staphylococcus aureus*, jak i *Escherichia coli* (test przeprowadzony zgodnie z JIS z2801). Dodatek opracowanej emulsji do substancji powłokotwórczej nie powodował zmian lepkości (analiza reologiczna), co pozwala na przemysłowe zastosowanie opracowanej emulsji. Jednak ograniczenie zapachu emulsji oraz wybrane kwestie dotyczące bezpieczeństwa stosowania wciąż wymagają dalszych badań.

Qihao Tan