

Praca dyplomowa inżynierska

Modelowanie wpływu geometrii butelki na proces powstawania piany podczas procesu napełniania



Autor: Monika Jałowiecka

Nr albumu: 277553

Promotor: prof. nzw. dr hab. inż. Łukasz Makowski

Rok akademicki: 2018/2019

Wprowadzenie

Produkty butelkowane pojawiają się w wielu gałęziach przemysłu m.in. spożywczym, farmaceutycznym i kosmetycznym. Zachowanie czystości na linii produkcyjnej jest bardzo istotne w przypadku napełniania butelek oetykietowanych, aby ich nie ubrudzić. Ponadto spienienie może wpływać na nalanie do butelki niewłaściwej objętości cieczy. Obliczeniowa mechanika płynów daje możliwość przeprowadzenia wirtualnego eksperymentu, pomagając w wyborze optymalnych warunków procesu, to znaczy takich, dla których nie obserwuje się negatywnego wpływu piany na produkt oraz jego ekspansji z butelki.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest określenie wpływu geometrii butelki na proces powstawania piany poprzez wyznaczenie ułamka objętościowego powietrza w objętości nalanej cieczy na przestrzeni czasu całego procesu na podstawie symulacji CFD.

Zakres pracy obejmuje:

- Przegląd literatury dotyczący metod napełniania, reologii soków i fizyki piany.
- Przeprowadzenie symulacji procesu napełniania butelki wodą i koncentratem winogronowym dwiema metodami napełniania.
- Analizę wpływu konkretnych obszarów butelki na spienianie oraz porównanie wyników symulacji dotyczących butelek o innych geometriach.

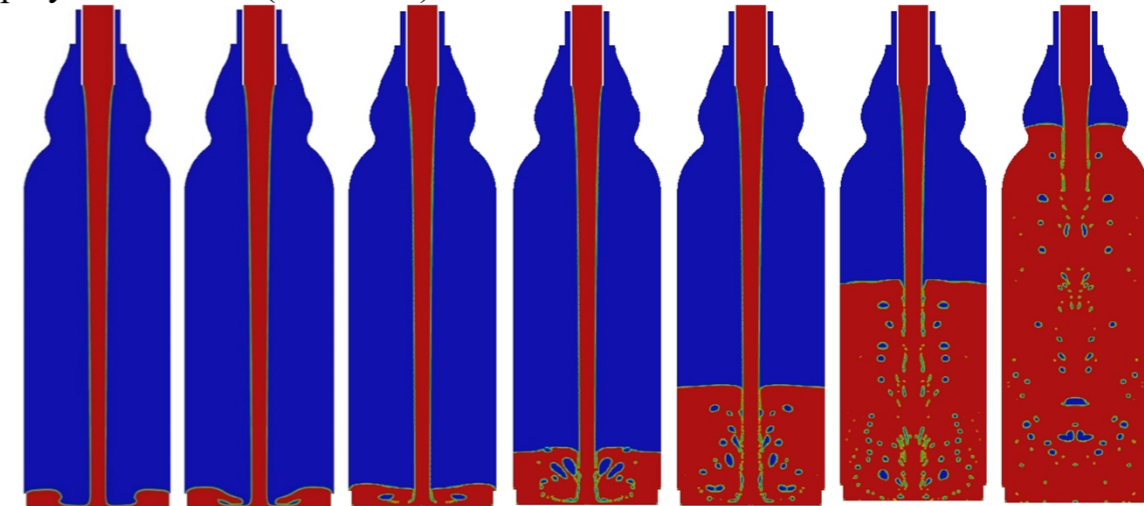
Część teoretyczna

Soki owocowe zawierają bardzo szeroką gamę związków chemicznych w tym ponad 80% stanowią węglowodany. Reologię soków niedepektynizowanych opisuje model potęgowej, zaś depektynizowanych (jak w niniejszej pracy) model newtonowski.

Piana w procesie napełniania może powstawać na drodze nukleacji heterogenicznej, porywania powietrza wraz z dozowanym strumieniem oraz w wyniku opadania cieczy ze ścianek butelki w kierunku jej osi symetrii.

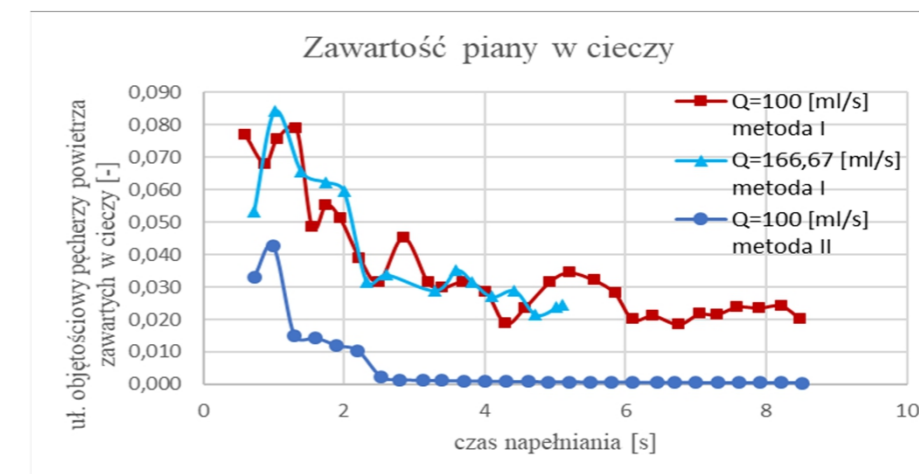
Wizualizacja symulacji napełniania butelki koncentratem winogronowym

Koncentrat winogronowy charakteryzuje się niższym napięciem powierzchniowym od wody i z tego względu powstaje w nim więcej pęcherzyków powietrza. Wysoka lepkość tego produktu powoduje, że spienienie utrzymuje się dłużej niż w wodzie. Symulacje napełniania przeprowadzono dla rurki dozującej umieszczonej w górnej części (metoda I, rys.1.) i przy dnie butelki (metoda II).



Rys.1. Rozkład ułamka objętościowego koncentratu winogronowego dla dozowanego strumienia $Q=100$ [ml/s] do butelki o pojemności 850[ml]

Na rys. 2. porównano przebieg zmienności zawartości powietrza w koncentracie na przestrzeni czasu całego procesu dla dwóch różnych strumieni i metod napełniania butelki.



Rys. 2. Zależność wartości ułamka objętościowego powietrza w nalanym koncentracie od czasu

Wnioski

Zaobserwowano oscylacje wartości ułamka objętościowego powietrza, które wywołane są znaczną różnicą w prędkości porywanych pęcherzyków w stosunku do unoszących się pęcherzyków. Płaskie dno sprzyja gromadzeniu się na nim pęcherzyków przy ściankach. Na przestrzeni procesu ulegają one koalescencji i pozostają na dnie w osi butelki. Na końcowym etapie napełniania widoczne jest rozproszenie energii kinetycznej dozowanego strumienia umożliwiające uwolnienie się pęcherzyków z okolic dna butelki. Zdecydowanie lepsze rezultaty uzyskano dla napełniania butelki rurką zbliżoną do dna (metoda II).