

SPIS TREŚCI

Wykaz ważniejszych oznaczeń	5
Wstęp	6
1. Zagadnienia optymalizacyjne w zakładach przetwórczych.....	8
1.1. Wprowadzenie	8
1.1.1. Arkusz przebiegu procesu	9
1.1.2. Rodzaje procesów projektowania.....	9
1.1.3. Bilans energii i surowców	10
1.1.4. Projektowanie aparatów i urządzeń.....	11
1.1.5. Wspomagane komputerowo projektowanie procesów/installacji.....	12
1.2. Projektowanie procesów spożywczych.....	13
1.3. Operacje jednostkowe w przetwórstwie spożywczym.....	15
1.4. Bilans masy i energii	18
1.5. Media zakładów spożywczych	19
1.6. Wspomagane komputerowo projektowanie procesów.....	22
1.7. Poprawa efektywności działania zakładu zakładu	23
2. Systemy wspomagania zmian technologicznych w przemyśle	24
2.1. Wprowadzenie	24
2.2. Taksonomia wspomagająca podejmowanie decyzji	25
2.3. Ramy inżynierii systemów wspomagania decyzji	27
2.3.1. Modele i modelowanie	28
2.3.2. Problemy z budową modeli	29
3. Podejście systemowe do procesów energetycznych w przetwórstwie żywności	30
4. Zagadnienia energetyczne w procesach przetwórstwa żywności.....	37
4.1. Zmiany fazowe i przejścia między stanami	39
4.1.1. Żywność o niskiej zawartości wilgoci	39
4.1.2. Żywność mrożona.....	40
4.1.3. Diagramy stanów	42
4.2. Czynniki wpływające na szybkość reakcji w żywności	43
4.2.1. Temperatura.....	43
4.2.2. Ciśnienie	43
4.2.3. Zawartość wody.....	44
4.3. Przemiany fazowe	44
4.4. Podsumowanie	48
5. Zagadnienia reologiczne w inżynierii procesów spożywczych.....	49
5.1. Operacje przenoszenia pędu	51
5.2. Operacje transportu energii.....	54
5.3. Operacje transportu masy	57
5.4. Charakterystyka strukturalna i zmiany fizyczne	58
5.5. Reologia w warunkach wysokich temperatur i ciśnień.....	59
6. Efekty termiczne w warunkach ogrzewania mikrofalowego	63
6.1. Termiczne, nietermiczne i wzmacnione efekty mikrofalowe	63
6.1.1. Termiczny wpływ mikrofal na niszczenie drobnoustrojów	65
6.1.2. Mikrofalowe efekty nietermiczne i efekty specyficzne	66
6.2. Kinetyka niszczenia drobnoustrojów	68
6.3. Mikrofalowe efekty nietermiczne i efekty specyficzne.....	70
6.3.1. Ogrzewanie wsadowe (proces standardowy).....	70
6.3.2. Ogrzewanie mikrofalowe o ciągłym przepływie medium	71

6.4. Kinetyka inaktywacji mikrofalowej PME w soku pomarańczowym	72
6.5. Modele predykcyjne profili temperaturowych	74
6.6. Wnioski	77
7. Symulacje procesów przetwórczych	78
7.1. Wprowadzenie	78
7.2. Symulacja procesu	78
7.3. Symulacja w warunkach niepewności	83
7.3.1. Elastyczna strategia projektowania	83
7.3.2. Strategie wieloscenariuszowe	86
7.4. Etapy projektowania w inżynierii wspomaganej komputerowo	87
7.4.1. Równania opisujące proces i warunki brzegowe	87
7.4.2. Tworzenie siatki i właściwości opisujące surowiec	87
8. Aparat matematyczny użyty w symulacjach komputerowych	89
8.1. Opis transportu masy dla separacji układów dwufazowych	89
8.2. Modele przepływów wielofazowych	92
9. Analiza wybranych rozwiązań aplikacyjnych zwiększających efektywność energetyczną procesu	96
9.1. Pompa do tłoczenia cieczy o właściwościach pianotwórczych	96
9.1.1. Opis problemu technologicznego	96
9.1.2. Plan badań	100
9.1.3. Badania stanowiskowe	105
9.1.4. Model matematyczny dla symulacji CFD	107
9.1.5. Wyniki symulacji dla wody 109	
9.1.6. Wyniki symulacji i badań stanowiskowych dla medium – mieszanina dwufazowa (woda/powietrze)	114
9.1.7. Podsumowanie i wnioski	116
9.2. Technologia produkcji suszonych przekąsek z wołowiny	119
9.2.1. Opis problemu technologicznego	119
9.2.2. Plan badań i stanowisko badawcze	122
9.2.3. Model matematyczny dla symulacji CFD	127
9.2.4. Wyniki symulacji	128
9.2.5. Badania stanowiskowe	132
9.2.6. Omówienie wyników stanowiskowych	138
9.2.7. Wnioski	145
9.3. Transport surowców delikatnych	146
9.3.1. Opis problemu technologicznego	146
9.3.2. Modelowanie oddziaływań surowca podczas transportu	149
9.3.3. Model obliczeniowy	152
9.3.4. Wyniki symulacji oddziaływań cząstek podczas transportu na rynnice przENOŚNIKA	157
9.3.5. Omówienie wyników uzyskanych podczas symulacji	171
9.3.6. Wyniki badań stanowiskowych	173
9.3.7. Wnioski końcowe z badań stanowiskowych	181
9.3.8. Wnioski końcowe	183
10. Podsumowanie	184
Literatura	186
Spis rysunków	204
Spis tabel	209
Streszczenie	211
Summary	212

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

E	moduł Younga	N/m^2
F_D	siła oporu działająca na ziarno podczas przemieszczania się w medium transportowym	N
g	przyspieszenie ziemskie	m/s^2
k	stała zależna od współczynnika kształtu	–
k_n	stała sztywności materiału nadawy w kierunku normalnym do powierzchni	N/m
k_t	stała sztywności materiału nadawy w kierunku stycznym do powierzchni ziarna	N/m
n	liczba pomiarów	–
SD	odchylenie standardowe	–
v_T	prędkość opadania	m/s
V_n	objętość nadawy	m^3
ε	współczynnik restytucji energii	–
η	lepkość dynamiczna cieczy	$\text{Pa}\cdot\text{s}$
ρ_f	gęstość nasypowa nadawy	kg/m^3
ρ_F	gęstość cieczy	kg/m^3
ρ_z	gęstość właściwa fazy stałej	kg/m^3

WSTĘP

Utylitarnie wykorzystanie badań w obszarze zmian technologii wytwórczych dotyczy między innymi zwiększenia sprawności procesu lub uzyskania produktu akceptowanego przez konsumenta oraz spełniającego rygorystyczne normy bezpieczeństwa. Zmiany postaw społecznych oraz rosnąca świadomość konsumentów zmuszają producentów do zmiany filozofii organizacji produkcji.

Inkluzywny i zrównoważony rozwój przemysłu powinien być podstawowym źródłem generowania dochodu i drogą do szybkiego podwyższania standardów życia. Ma on także dostarczać rozwiązań technologicznych zapewniających przyjazne dla środowiska uprzemysłowienie.

U podstaw wysiłków zmierzających do realizacji celów środowiskowych, określonych przez ONZ, leży postęp technologiczny, w tym zwiększenie efektywności materiałowej i energetycznej. Bez innowacji technologicznych, wrażliwych na aspekty środowiskowe nie będzie industrializacji, która w sposób zrównoważony mogłaby rozwiązać problemy rozwoju społeczeństw w XXI wieku.

Ambitne plany Unii Europejskiej w zakresie zmian paradygmatów technologicznych zmuszają inżynierów i technologów produkcji do większej efektywności w wykorzystaniu zasobów surowcowych oraz stosowania przyjaznych dla środowiska technologii i procesów produkcji. Takie poczynania skłaniają do poszukiwania oszczędności w nakładach energetycznych niezbędnych do wytworzenia nowoczesnych produktów.

Skala procesów gospodarczych, w których znaczący wkład mają technologie przetwórstwa surowców, determinuje działania zmierzające do maksymalizacji zysku, przy możliwie najniższych kosztach produkcji. Wymagania środowiskowe związane z ograniczeniem emisji gazów, wymuszają optymalizację procesów przetwórczych realizowanych w produkowanych urządzeniach. Aspekt ekonomiczny procesu jest równie istotny jak jakość uzyskanego produktu końcowego. Nawet organizacje, których zyski sięgają wielu milionów dolarów, starają się utrzymywać na najniższym poziomie relację kosztów operacyjnych do kosztów stałych. Sukces ekonomiczny przedsięwzięcia zależy niejednokrotnie od poprawnej oceny procesu technologicznego, którą uzyskuje się w wyniku analiz ograniczonej liczby prób. Jest to podyktowane wysokością kosztów, które należy ponieść podczas doboru parametrów pracy ciągu technologicznego. W związku z tym poprawność wniosków, które można uzyskać z ograniczonej liczby prób, prowadzonych w skali przemysłowej oraz półprzemysłowej, znacząco ogranicza koszty funkcjonowania organizacji.

Celem monografii jest opracowanie modeli bilansujących masę i energię wybranych procesów jednostkowych, pozwalających na ich zoptymalizowanie w oparciu o zdefiniowane funkcje celu. Technologie przeanalizowano pod kątem ograniczenia

strat surowca oraz minimalizacji nakładów energetycznych, przyjmując jako cel nadrzędny jakość produktu

W rozdziale pierwszym opisano zagadnienia optymalizacyjne w zakładach przetwórczych, decydujących o wyborze technologii oraz procesach jednostkowych niezbędnych do jej wdrożenia.

Rozdział drugi i trzeci opisują narzędzia wspomagające proces decyzyjny w przedsiębiorstwie produkcyjnym oraz podejście systemowe do zagadnień energetycznych.

Rozdział czwarty poświęcony jest opisowi wpływu przemian fazowych w procesach obróbki żywności na fizykochemiczne właściwości surowca. W rozdziale piątym odniesiono się do zjawisk reologicznych towarzyszącym tym przemianom. Kolejny rozdział opisuje efekty termiczne podczas ogrzewania mikrofalowego.

Część eksperymentalną (rozdział siódmy) rozpoczynają opisy narzędzi wykorzystywanych do symulacji procesów przetwórczych zachodzących podczas przetwórstwa żywności. Uzupełnieniem treści rozdziału siódmego jest rozdział ósmy, opisujący użycie modelu matematycznego wykorzystywanego do symulacji komputerowych.

Rozdział dziewiąty opisuje użyteczne rozwiązania prowadzące do osiągnięcia efektywności energetycznej w oparciu o wybrane funkcje celu. Badania dotyczą trzech wybranych procesów/technologii obejmujących: (I) transport cieczy wysokodispersyjnych, (II) wydatki energii podczas dehydratacji mięsa oraz (III) ograniczenie strat surowca podczas transportu.