

Mgr inż. Ewelina MASIARZ
Dr hab. inż. Hanna KOWALSKA, prof. SGGW
Inż. Jakub ZAKRZEWSKI
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

WYKORZYSTANIE PROGRAMU AUTOCAD DO PROJEKTOWANIA LABORATORYJNEGO STANOWISKA DO ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO®

The application of the AutoCad software to design a laboratory osmotic
dehydration equipment®

Słowa kluczowe: Systemy CAD/CAM, AutoCAD, odwadnianie osmotyczne.

Odwadnianie osmotyczne jest częstym zabiegiem wykorzystywanym w przetwórstwie surowców owocowych i warzywnych. Otrzymany produkt wykazuje walory smakowe, zapachowe, a nawet prozdrowotne. Dokładne zaprojektowanie stanowiska technologicznego do prowadzenia tego procesu wymaga zastosowania nowoczesnych technik komputerowych (CAD). Dzięki programom tego typu możliwe jest zachowanie wysokiej precyzji oraz wypróbowanie wielu koncepcji w krótkim czasie, co prowadzi do korzyści logistycznych i ekonomicznych.

Key words: Systemy CAD / CAM, AutoCAD, osmotic dehydration.

Osmotic dehydration is a common procedure used in the processing of raw fruit and vegetables. The obtained product shows taste, aroma and even health benefits. The exact design of a technological station to conduct this process requires the use of modern computer techniques (CAD). With programs of this type it is possible to maintain high precision and trying out many ideas in a short time, leading to logistical and economic benefits.

WSTĘP

Obecnie do projektowania różnych technologii, w tym dotyczących produkcji żywności, stosowane są zaawansowane programy komputerowe. Komputeryzacja dotyczy również sterowania procesami wytwarzania. Współczesne systemy wykorzystują wspomaganie projektowania CAD (Computer Aided Design) oraz wspomaganie wytwarzania CAM (Computer Aided Manufacturing). Pomagają one w precyzyjny sposób wizualizować koncepcje projektowe oraz je modyfikować. Zapewniają dokładność oraz szczegółowość projektów. Wykorzystanie tak zaawansowanych technik wynika z tendencji do wprowadzania różnorodności wyrobów. Często wiąże się to z projektowaniem linii technologicznych, które mogą być łatwo modyfikowane. Ważne jest skrócenie czasu związanego z uruchomieniem lub „przystawieniem” produkcji. Duże znaczenie ma również czas wytwarzania produktów, ich jakość oraz koszt [22]. Bardzo przydatne są techniki wspomaganie komputerowego wykorzystujące skomplikowane obliczenia i symulacje. Główną przesłanką stosowania komputerowego wspomaganie jest sprawność i wysoka wydajności produkcji [5]. W ramach kształcenia ważne jest zainteresowanie studentów powyższymi programami, nawet, gdy w programie różnych studiów są one wykorzystywane jedynie na poziomie podstawowym.

Wśród wielu bardzo zróżnicowanych procesów wykorzystywanych w przetwórstwie żywności odwadnianie osmotyczne jest jednym z ważniejszych. Jest bowiem szeroko stosowane w skali przemysłowej, często jako obróbka wstępna przed suszeniem lub zamrażaniem, np. owoców i warzyw [4, 11]. Polega na częściowej redukcji wody niezwiązanej z tkanki surowców roślinnych lub zwierzęcych wskutek ich przetrzymywania w roztworach osmotycznych [9]. Dzięki tej metodzie otrzymuje się produkt o małym stopniu przetworzenia, ale o podwyższonej trwałości [18]. Dla surowców wrażliwych na wysoką temperaturę, jak owoce i warzywa, metoda ta pozwala na otrzymanie produktów o zachowanej barwie, zapachu i smaku. Według Pękosławskiej i Lenarta [14] częściowe wnikiwanie substancji osmotycznej do odwadnianych owoców dodaje im subtelnego smaku słodczy, porównywalnego z owocem surowym. Odwodnienie osmotyczne może być również stosowane do wzbogacania surowców roślinnych w dodatkowe bioaktywne składniki [10]. W skali laboratoryjnej szczególnie przydatne jest prowadzenie badań z zastosowaniem odwadniania osmotycznego w podobnych warunkach, ale przy zastosowaniu różnych roztworów osmotycznych, ich stężeń, różnych rodzajów surowca, np. różnych owoców lub warzyw, lub o zróżnicowanym stopniu ich rozdrobnienia. W innym przypadku ważne jest wykonanie odpowiedniej

Adres do korespondencji – Corresponding author: Hanna Kowalska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: hanna_kowalska@sggw.pl

liczby powtórzeń dla tych samych surowców w tych samych warunkach prowadzenia procesu, jednakże wśród wielu rozwiązań konstrukcyjnych wykorzystywanych do odwadniania osmotycznego, zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i przemysłowych brakuje takich, które byłyby do tego dostosowane.

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania programu AutoCad na podstawie dostępnej literatury oraz na przykładzie projektu stanowiska do odwadniania osmotycznego. Stanowisko zostało zaprojektowane w taki sposób, że równocześnie mogą być prowadzone badania dotyczące czterech różnych próbek, przy zastosowaniu różnych roztworów osmotycznych. Każda z prób jest odizolowana od pozostałych, umieszczana w oddzielnych pojemnikach, co umożliwia zastosowanie czterech różnych surowców lub różnych roztworów osmoaktywnych.

SYSTEMY CAD/CAM

System to zespół środków materialnych, organizacyjnych i programów przetwarzania informacji zgromadzonych w celu pozyskiwania, transmisji i przetwarzania danych oraz ich prezentacji i archiwizacji [22]. System musi być wyposażony w komputer lub sterownik mikroprocesorowy, którego zadaniem jest sterowanie przepływem informacji i przetwarzanie danych. Jednostki te są urządzeniami niezbędnymi w zarządzaniu systemem. Moduły wspomaganie projektowania CAD i CAM tworzą tzw. komputerowo zintegrowane wytwarzanie CIM (Computer Integrated Manufacturing). System CAD/CAM zawiera szereg narzędzi zwiększających wydajność produkcji, zarówno w fazie projektowania, jak i realizacji projektu.

Systemy CAM (ang. Computer Aided Manufacturing – komputerowe wspomaganie wytwarzania) służą do sterowania procesem wytwarzania za pomocą komputera. Systemy te obejmują również czynności wymagane w odniesieniu do zrealizowanych procesów wytwarzania, jak tworzenie bieżących harmonogramów prac, kontrola jakości, organizacja transportu międzyoperacyjnego. Programy CAM pozwalają na przenoszenie informacji z systemów CAD do systemów CAM. Jest to znaczące ułatwienie, jeśli chodzi o przygotowanie programu pracy urządzeń sterowanych numerycznie [5]. Systemy te wyposażone są w biblioteki narzędzi, które ułatwiają dobór parametrów, np. poprzez przeprowadzenie symulacji i wizualizacji procesu. Wspomagają pracę technologa w całym obszarze projektowania poszczególnych linii technologicznych. Na podstawie wprowadzonych danych dotyczących danego procesu, znajomości zasad projektowania oraz dostępnych środków i warunków produkcji, technolog wykorzystując program CAM, może generować dokumentację technologiczną i zaplanować formę sterowania procesem i jego kontroli [5]. Obieg danych w przypadku systemów CAD i CAM bez pełnej integracji sprowadza się do sekwencyjnego przekazywania określonych informacji. Każda kolejna wymiana dokumentacji projektowych między zespołami wiąże się z dodatkowymi kosztami i opóźnieniami. Wiąże się z tym zabiegi konwertowania lub przekształcania danych do postaci odpowiedniego pliku. Niedociągnięcia dotyczące geometrii, kosztów materiałów lub produkcji muszą być zgłoszone projektantowi w celu uzyskania rozwiązania i cały proces jest

powtarzany [6]. Tego rodzaju błędy mogą pozostać niewykryte nawet do momentu rozpoczęcia produkcji, generując kosztowne zmiany linii technologicznych. Zintegrowany system CAD/CAM tworzy jeden model obsługujący zarówno funkcje projektowe, jak i produkcyjne, w miejsce różnych formatów plików, translacji i konwersji danych, a także różnych modeli CAD oraz CAM [6].

Podstawową częścią systemów CAD/CAM jest jądro systemu operacyjnego (*kernel*), które zawiera procedury tworzące, modyfikujące i przetwarzające dane projektowe. Sprzężone z obrazem graficznym i układem poleceń tworzą program CAD [22]. Jądro ACIS jest zestawem procedur napisanych w języku C++ (język programowania ogólnego przeznaczenia zorientowanych obiektowo). Zawiera kilkadziesiąt bibliotek DLL (dynamic-link library, biblioteka łączona dynamicznie w środowisku Windows, która przechowuje implementacje różnych funkcji programu).

Projektanci i inżynierowie produkcyjni mogą wykorzystać narzędzia z zakresu projektowania, szacowania kosztów oraz produkcji, które są dostępne w ramach różnego typu oprogramowania, np. SOLIDWORKS, wykorzystywanego do tworzenia projektów związanych z wytwarzaniem różnych narzędzi i części mechanicznych [6]. Obok wymienionych wyżej, wspomaganie procesu produkcyjnego obejmuje m.in. [16, 22]:

- CAE – komputerowe wspomaganie obliczeń inżynierskich;
- CAP – komputerowe wspomaganie planowania odnoszące się m.in. do:
 - analizy asortymentu produkcji oraz dostępności i użytych środków produkcji,
 - planowania przepływów materiałowych,
 - określania procedur w sytuacjach awaryjnych,
 - ustalania priorytetów produkcyjnych,
 - analizy wskaźników ekonomicznych,
 - symulacji systemów produkcyjnych;
- CAPP – komputerowe wspomaganie projektowania procesów – wspomaga projektowanie procesu wytwarzania i technicznego przygotowania produkcji (TPP), obejmuje określenie: materiału wejściowego, norm zapotrzebowania materiałowego, przebiegu procesu wytwarzania;
- CATIA – Zaawansowany wielomodułowy system wspomaganie prac inżynierskich (CAD/CAM) wspomagający projektowanie mechaniczne od szkiców, przez rysunki detali, symulacje, generowanie dokumentacji wykonawczej oraz tworzenie wirtualnych prototypów;
- Inventor – modeler bryłowy umożliwiający cyfrowe prototypowanie, półautomatyczną generację dokumentacji rysunkowej z trójwymiarowych modeli;
- IronCAD – do modelowania bryłowego w branży mechanicznej;
- PPC – projektowanie i sterowanie produkcją – obejmuje opracowywanie zleceń produkcyjnych, planowanie obciążenia stanowisk pracy, planowanie zapotrzebowania materiałowego, planowanie terminów wykonania, planowanie kosztów, określanie zapotrzebowania zasobów produkcyjnych, sterowanie procesami transportu itp.

W ramach systemów PPC najbardziej rozwinęły się [22]:

- ERP – planowanie i zarządzanie finansami przedsiębiorstwa,
- MRP I – systemy planowania zapotrzebowania materiałowego,
- MRP II – planowanie zapotrzebowania na zasoby przedsiębiorstwa,
- CAQ – komputerowe wspomaganie zarządzania jakością,
- CAA – komputerowe wspomaganie montażu.

ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW CAD W TECHNOLOGII ŻYWNOSCI

Systemy CAD mogą być używane praktycznie w każdej branży, w tym do projektowania linii technologicznych lub całych zakładów. Kluczowym założeniem CAD jest przedstawienie idei lub koncepcji związanej z projektowanym produktem przy użyciu najbardziej odpowiednich technologii informacyjno-komunikacyjnych [17]. Oprogramowanie CAD jest przeznaczone do wspomagania czynności inżyniera zwłaszcza w pierwszych fazach rozwoju produktu. Programy te wykorzystywane są głównie do projektowania wielu działań inżynierskich, a także rysowania oraz modyfikowania dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej (karty i formularze operacji technologicznych wraz ze szkicami) [5]. Jednym z najbardziej potężnych narzędzi tego typu jest program AutoCad, który ułatwia i przyspiesza proces projektowania nawet bardzo szczegółowych rysunków, powodując również wzrost jakości wykonywanej pracy kreślarskiej [3].

W przypadku dwuwymiarowych rysunków technicznych 2D, projektant nie musi w znaczącym stopniu zmieniać zasad definiowania obiektów. Rysowanie w 3D pozwala kształtować przestrzeń między wybranymi wymiarami oraz dowolnie je zmieniać w celu ustalenia punktów obserwacyjnych na ekranie komputera. Systemy CAD znacząco ułatwiają projektowanie trójwymiarowe za pomocą rysunków płaskich lub izometrycznych [15]. Systemy te sprawdzają się również w wirtualnym tworzeniu prototypów i prezentacji, dzięki animacjom, symulacjom i fotorealistycznym wizualizacjom [7]. Możliwe jest także przedstawienie animacji i rejestracja filmu, ze wskazaniem kinematyki zespołów i funkcjonalności całych maszyn oraz kompletnych linii technologicznych [13].

Zastosowanie oprogramowania ułatwiającego projektowanie linii technologicznych i obsługę produkcji w zakładach przemysłu spożywczego nastąpiło później niż w innych branżach.

Obecnie używanie systemów komputerowych typu CAD stanowi podstawę wielu procesów. Dotyczą one takich aspektów technologii żywności, jak [2]:

- planowanie produktu spożywczego lub jego opakowania,
- kontrola przy pomocy symulacji różnych zadań poprzez wprowadzenie odpowiednich parametrów, a następnie badanie wpływu na proces produkcyjny,
- monitorowanie właściwości produktu, np. wyglądu, tekstury, wartości odżywczych,
- modelowanie kształtu i ogólnego wyglądu produktu spożywczego.

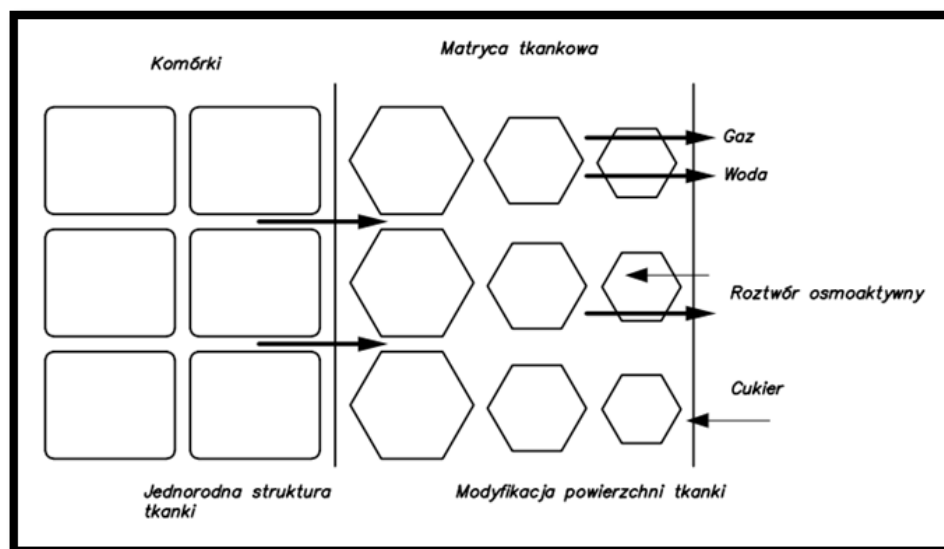
Główną korzyścią płynącą z zastosowania systemów komputerowych jest skrócenie czasu realizacji projektu, a także uzyskanie wysokiej jakości rysunków technicznych [20].

CHARAKTERYSTYKA ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO

Osmotyczne odwadnianie jest łagodnym procesem usuwania wody w postaci płynnej, bez przemiany fazowej. W owocach i warzywach odwadnianych osmotycznie w roztworze substancji osmoaktywnej ma miejsce wielokierunkowy proces wymiany masy (rys. 1).

Następuje jednoczesny, dwustronny przepływ strumieni: przepływ wody i niektórych rozpuszczonych w niej naturalnych substancji (węglowodanów, witamin, barwników, kwasów organicznych, soli mineralnych itd.) do roztworu otaczającego i, w przeciwnym kierunku, substancji osmotycznej z roztworu do produktu [9]. Strumień wody wypływającej z produktu do otoczenia jest znacznie większy niż strumień substancji osmotycznej przepływający w kierunku przeciwnym [10].

Odwadnianie osmotyczne wykorzystuje proces dyfuzji rozpuszczalnika przez półprzepuszczalne błony komórkowe, który opiera się na różnicy stężenia roztworu osmotycznego i soku komórkowego odwadnianej tkanki. Ściany i błony komórkowe odwadnianego surowca umożliwiają przepływ substancji jedynie o odpowiednio małej wielkości cząstek

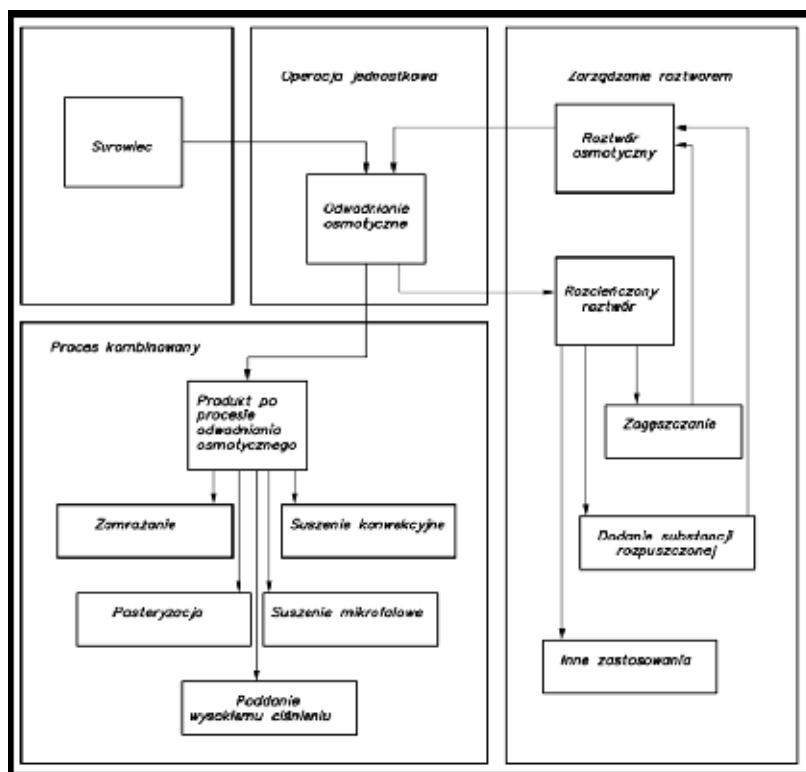


Rys. 1. Schemat migracji rozpuszczalnika między roztworem osmotycznym a tkanką odwadnianą.

Fig. 1. Scheme of solvent migration between osmotic solution and dehydrated tissue.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19]. Rysunek wykonany za pomocą programu AutoCAD v. 2016 PL

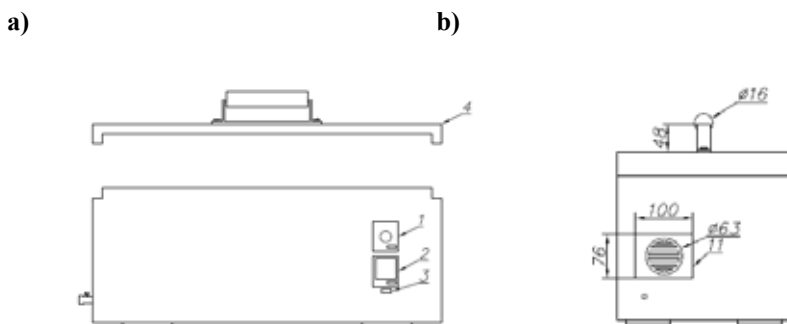
Source: Own study based on [19]. Figure made using AutoCAD v. 2016 PL



Rys. 2. Zastosowanie odwadniania osmotycznego jako obróbki wstępnej.
Fig. 2. Application of osmotic dehydration as pre-treatment.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19]. Rysunek wykonany za pomocą programu AutoCAD v. 2016 PL

Source: Own study based on [19]. Figure made using AutoCAD v. 2016 PL



Rys. 3. Stanowisko do odwadniania osmotycznego tkanki roślinnej; a) widok, b) rzut z boku od strony zasilania. Oznaczenia: 1 – sterownik obrotu mieszadeł, 2 – sterownik regulacji temperatury, 3 – włącznik, 4 – pokrywa, 5 – kratka odprowadzająca ciepło.

Fig. 3. View of the osmotic dehydration equipment; a) view, b) side view from the power side. Markings: 1 – mixer controller, 2 – temperature controller, 3 – switch, 4 – cover, 5 – heat outlet.

Źródło: Opracowanie własne. Rysunek wykonany za pomocą programu AutoCAD v. 2016 PL

Source: Own study. Figure made using AutoCAD v. 2016 PL

[1]. Wstępne częściowe usunięcie wody jest często stosowane przed suszeniem. W ten sposób odwadnianie osmotyczne wpływa na zwiększenie wydajności procesu suszenia nawet o 30%. Dodatkowo, ze względu na brak przemiany fazowej, pozwala skrócić czas kolejnych operacji (rys. 2) i ograniczyć zużycie energii [9].

WYKORZYSTANIE PROGRAMU AUTOCAD DO PRZYGOTOWANIA PROJEKTU STANOWISKA DO ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO

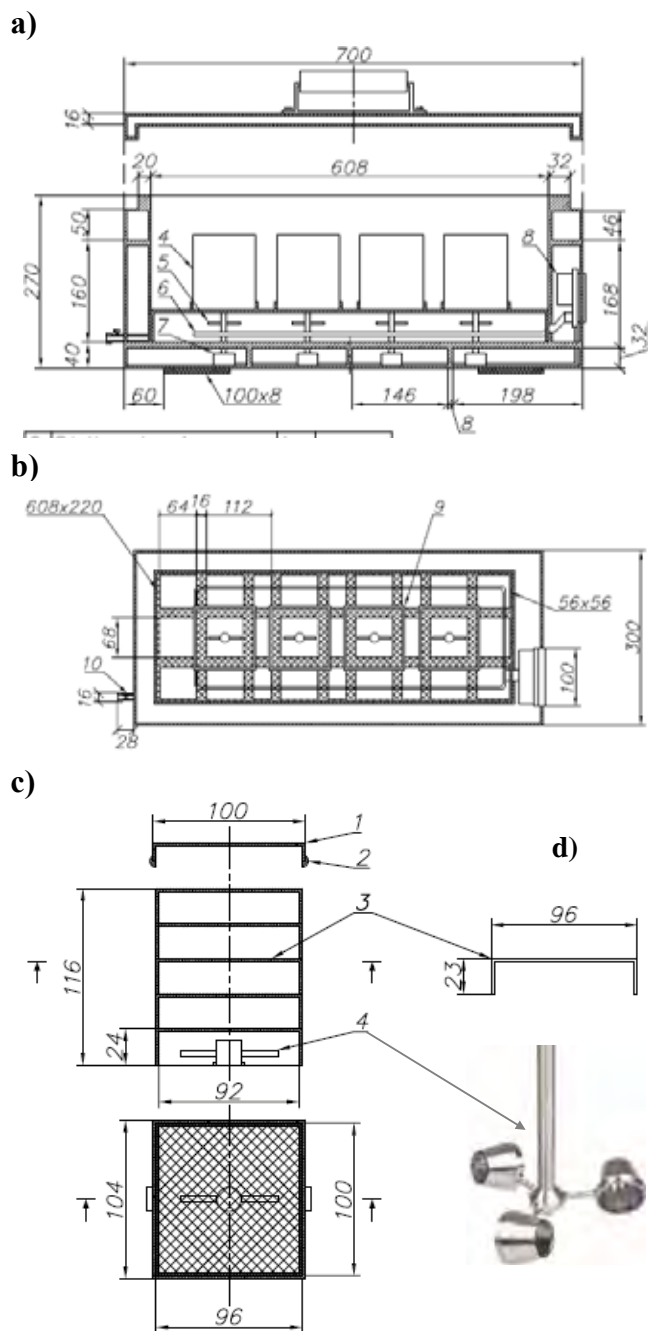
Przykładem zastosowania programu AutoCAD w technologii żywności jest projekt laboratoryjnego stanowiska do odwadniania osmotycznego tkanki roślinnej (rys. 3-4). W trakcie tworzenia koncepcji nowego urządzenia do odwadniania osmotycznego owoców rozważano kilka aspektów mających wpływ na konstrukcję urządzenia, takich jak:

- zaprojektowanie urządzenia do odwadniania osmotycznego spełniającego warunek prowadzenia procesu dla czterech próbek (różnych surowców lub o różnym stopniu rozdrobnienia) przy zastosowaniu różnych roztworów osmotycznych,
- dobór mieszadeł, które powinny spełniać warunek skutecznego wyrównania temperatury w komorze urządzenia oraz pojemnikach na owoce,
- ograniczenie strat energii poprzez zastosowanie kilkuwarstwowych ścianek izolujących wodę umożliwiającą zapewnienie stałej temperatury wewnątrz zbiornika. W tym celu dokonano odpowiednich obliczeń [21], które przedstawiono tylko w wersji końcowej i we wnioskach.

Zaprojektowane urządzenie składa się z prostokątnej komory zbudowanej z trzywarstwowej ściany (rys. 4a). Wewnątrz umieszczona jest grzałka chromowo-wanadowa (6) (rys. 4a), której zadaniem jest ogrzanie wody pozwalającej utrzymać zadaną temperaturę odwadniania osmotycznego. Temperatura regulowana jest za pomocą panelu sterującego znajdującego się na froncie obudowy (2) (rys. 3a).

Dodatkowy panel sterujący służy do sterowania silnikami krokowymi (7) (rys. 4a), umieszczonymi na dnie komory. Na każdym wale osadzono mieszadło viskozymetryczne (4) (rys. 4a), wymuszające cyrkulację wody i wyrównanie jej temperatury w całej objętości. Taki kształt mieszadła generuje określoną efektywność mieszania, nawet przy małej liczbie obrotów w jednostce czasu. Powoduje przyspieszenie laminarnego przepływu na wylocie stożka oraz turbulencję na wlocie stożka powodując ruch mieszający o wysokim pędzie.

Wewnątrz komory umieszczona jest kratka mocująca (9) (rys. 4b), podtrzymująca pojemniki (5) (rys. 4a), w których prowadzi się odwadnianie osmotyczne owoców. Pojemniki zostały zaprojektowane w taki sposób, aby tworzyły przedłużenie mieszadeł osadzonych na wałach. Osiągana jest wymagana cyrkulacja roztworu osmotycznego wewnątrz każdego



Rys. 4. Stanowisko do odwadniania osmotycznego; przekroje od strony; a) widoku, b) rzutu z góry, c) rzutu z boku. Oznaczenia: 1 – pokrywa, 2 – zatrzask, 3 – półki, 4 – miesadła wiskozymetryczne, 5 – pojemnik na owoce (próbki) i roztwór osmotyczny, 6 – grzałka, 7 – mechanizm krokowy, 8 – sterownik, 9 – kratka mocująca, 10 – zawór odprowadzający wodę.

Fig. 4. Equipment for osmotic dehydration; cross-sections from the side of; a) view, b) top view, c) side view. Markings: 1 – cover, 2 – closing, 3 – shelves, 4 – viscometer mixers, 5 – fruit container (samples) and osmotic solution, 6 – heating element, 7 – stepper mechanism, 8 – controller, 9 – fixing grille, 10 – water drain valve.

Źródło: Opracowanie własne. Rysunek wykonany za pomocą programu AutoCAD v. 2016 PL

Source: Own study. Figure made using AutoCAD v. 2016 PL

pojemnika. W każdym pojemniku znajdują się cztery wyciągane półki (3) (rys. 4b), na których układa się owoce, a następnie pojemnik zamyka się pokrywką na zatrzask 1 (rys. 4c). Dwa panele sterujące pracą silników i temperaturą podłączone są do mikrokontrolera (8) (rys. 4a). Po skończeniu procesu odwadniania urządzenie wyłącza się przyciskiem pod panelem sterowania (3) (rys. 3a), a także odprowadza się wodę przy użyciu zaworu (10) (rys. 4b).

ZAGADNIENIA OBLICZENIOWE

W przemyśle spożywczym duże znaczenie ma ruch ciepła przez przewodzenie i konwekcję. Promieniowanie ciepłe w większości procesów nie odgrywa roli, ale to zjawisko musi być brane pod uwagę podczas wyliczania strat energii do otoczenia przez różne aparaty, np. wyparne, pasteryzatory, zbiorniki itp. Istotny jest ruch ciepła od jednego ośrodka do innego przez przegrodę (przenikanie ciepła). W przypadku badanego stanowiska należy uwzględnić przenikanie ciepła od ośrodka o wyższej temperaturze do ściany urządzenia, następnie przewodzenie przez ścianę i wnikanie ciepła od ściany do ośrodka o niższej temperaturze [8].

Istotnym aspektem technicznym urządzenia do odwadniania osmotycznego jest ograniczenie strat energii w postaci ciepła wypromieniowanego do otoczenia. Straty te wpływają na ekonomiczność procesu, co przekłada się na koszty eksploatacji. Liczba warstw ścian oraz ich grubość została dobrana tak, aby ograniczyć straty energii cieplnej. Skorzystano z równania kryterialnego określającego funkcję konwekcji naturalnej wyznaczając iloczyn liczb Grashofa i Prandtla [12]. W obliczeniach [21] przyjęto stałe warunki procesu charakterystyczne dla odwadniania osmotycznego, uwzględniając parametry wody w zbiorniku i otaczającego powietrza oraz parametry urządzenia, tj. temperaturę i powierzchnię najmniejszej oraz najcieńszej ściany i wyznaczono maksymalne możliwe straty ciepła w urządzeniu. Obliczono strumień ciepła przenikającego pomiędzy dwiema rozdzielonymi ścianami [12]. Na podstawie obliczeń stwierdzono, że zastosowanie ścian zewnętrznych urządzenia złożonych z trzech warstw (2 ściany stalowe o grubości 4 mm tworzące przestrzeń wypełnioną powietrzem o szerokości 32 mm) wpłynie na ograniczenie strat ciepła na poziomie 85% w porównaniu do ściany jednowarstwowej [21].

PODSUMOWANIE

Zastosowanie systemów CAD, w szczególności programu AutoCAD, w technologii żywności daje możliwość wykonania precyzyjnego projektu konstrukcji urządzeń a także linii technologicznych i całych zakładów produkcyjnych. Na etapie realizacji projektów i produkcji powiązanie z innymi programami daje wiele korzyści związanych z elastycznością produkcji i efektywnym funkcjonowaniem zakładu, które prowadzą do oszczędności energii. Poznanie podstaw tych programów, już na etapie studiów inżynierskich, stwarza możliwości zainteresowania szerszą ich grupą z rodziny CAD/CAM, wykorzystania wielu oferowanych narzędzi ułatwiających pracę projektantów i inżynierów produkcji.

Zaprojektowane urządzenie spełnia oczekiwania założeń technicznych, ponieważ:

- zastosowane rozwiązanie konstrukcyjne umożliwia zamontowanie pojemników pozwalających na odwadnianie

czterech różnych prób owoców jednocześnie. Dzięki temu rozwiązaniu można oczekiwać skrócenia czasu badań dotyczących odwadniania osmotycznego.

- zastosowanie mieszadeł wiskozymetrycznych, które umożliwiają dynamiczny przepływ radialny (z założenia generujące określoną efektywność mieszania, nawet przy małej liczbie obrotów w jednostce czasu), może wpłynąć również na skrócenie czasu trwania odwadniania osmotycznego do uzyskania określonego stopnia wymiany masy odwadnianego materiału oraz ograniczenie zużycia energii przez to urządzenie.
- wykonanie ścian zewnętrznych urządzenia o trzech warstwach (2 ściany stalowe o grubości 4 mm tworzące przestrzeń wypełnioną powietrzem o szerokości 32 mm) pozwoli na ograniczenie strat ciepła na poziomie 85%, w porównaniu do ściany jednowarstwowej.

LITERATURA

- [1] **AHMED I., I. MABOOD QAZI, S. JAMAL. 2016.** „Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables”. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 34: 29-43.
- [2] **ANONIM 1. 2013.** „CAD Software in Food Technology”. *IndiaCADworks.com*.
- [3] **BABIUCH M. 2013.** „AutoCAD 2012 i 2012 PL. Ćwiczenia praktyczne”. Helion, Gliwice.
- [4] **CIURZYŃSKA A., H. KOWALSKA, K. CZAJKOWSKA, A. LENART. 2016.** „Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food”. *Trends in Food Science & Technology* 50: 186-192.
- [5] **CZECH-DUDEK K. 2015.** „Zastosowanie systemów cad/cam w przygotowaniu produkcji”. *MECHANIK* 7: 149-158. DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.224.
- [6] **INTERNET 1.** „Oprogramowanie CAM dla branży inżynierskiej i jego integracja z CAD”. <https://www.dps-software.pl/oprogramowanie-cam-dla-branzy-inzynierskiej-integracja-z-cad/> Dostęp: 30.11.2018.
- [7] **KAWECKA-ENDLER A. 2004.** „Organizacja technicznego przygotowania produkcji – prac rozwojowych”. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- [8] **KOWALCZYK R. 2016.** „Ruch ciepła” W: *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego* (red. P.P. Lewicki). Warszawa: WNT.
- [9] **KOWALSKA H., K. CZAJKOWSKA, J. CICHOWSKA, K. SKARŻYŃSKA. 2016.** „Zastosowanie odwadniania osmotycznego w produkcji żywności mało przetworzonej”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 26(48): 87-99.
- [10] **KOWALSKA H., A. MARZEC, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, K. CZAJKOWSKA, J. CICHOWSKA, K. RYBAK, A. LENART. 2017.** „Osmotic dehydration of Honeoye strawberries in solutions enriched with natural bioactive molecules”. *LWT - Food Science and Technology* 85: 500-505.
- [11] **KOWALSKA H., A. MARZEC, J. KOWALSKA, K. SAMBORSKA, M. TYWONEK, A. LENART. 2018.** „Development of apple chips technology”. *Heat and Mass Transfer* 54: 3573-3586.
- [12] **NOWAK D. 2012.** „Wymiana ciepła w warunkach ustalonych” W: *Wybrane zagadnienia obliczeniowe inżynierii żywności*. (red. D. Witrowa-Rajchert i P.P. Lewicki) Warszawa: SGGW.
- [13] **NOWAKOWSKI P., P. WOJDAS.** „Zastosowanie komputerowo wspomaganego projektowania w wizualizacji procesów demontażu, na przykładzie linii przetwarzania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego”. http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2018/T2/2018_t2_653.pdf Dostęp: 21.11.2018.
- [14] **PĘKOSŁAWSKA A., A. LENART. 2009.** „Wpływ rodzaju i stężenia substancji osmotycznej na przebieg odwadniania osmotycznego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1(62): 119-127.
- [15] **PIOTROWSKI D. 1999.** „Możliwości systemów komputerowego wspomaganego projektowania CAD”. *Przemysł Spożywczy* 53: 42-44.
- [16] **PLUCIENNIK P., A. MACIEJCZYK. 2016.** „Wykorzystanie systemów CAD w procesie konstruowania maszyn i urządzeń”. *AUTOBUSY* 6: 1481-1485.
- [17] **PRACA ZBIOROWA. 2002.** „Implementing CAD and CAM”. *British Nutrition Foundation, Design and Technology Association*.
- [18] **RZAĆA M., D. WITROWA - RAJCHERT, U. TYLEWICZ, M. DALLA ROSA. 2009.** „Wymiana masy w procesie odwadniania osmotycznego owoców kiwi”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6: 140-149.
- [19] **SHI J., S. XUE. 2008.** „Application and development of osmotic dehydration”. *CRC Press, USA*.
- [20] **TARNOWSKI W., T. KICZKOWIAK. 1992.** „Komputerowe wspomaganie projektowania”. Koszalin: Wydawnictwo Uczelniane WSI.
- [21] **ZAKRZEWSKI J. 2017.** „Projekt stanowiska do odwadniania osmotycznego owoców” *Praca inżynierska*. Promotor H. Kowalska, Warszawa.
- [22] **ŻYLKA W., M. ŻYLKA. 2015.** „Nowoczesne systemy wspomagające pracę inżyniera. Edukacja - Technika – Informatyka”. *Wyd. FOSZE* 6(4): 34-39.