

Kamil Łacny, Małgorzata Janczar-Smuga

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

e-mail: malgorzata.janczar@ue.wroc.pl

POSTĘP TECHNICZNY I TECHNOLOGICZNY W PRODUKCJI SŁODU

Streszczenie: Postęp techniczny jest głównym czynnikiem wpływającym na racjonalizację i intensyfikację procesów produkcyjnych, a także unowocześnienie produkowanych wyrobów. Dzięki temu można go uznać za zasadnicze narzędzie rozwoju konkurencyjności firm. W artykule przedstawiono pojęcia postępu technicznego i technologicznego oraz opisano jego wdrożenie w branży słodowniczej na przykładzie małej lokalnej słodowni. Postęp techniczny i technologiczny w produkcji słodu znalazł się obecnie w martwym punkcie. Inwestycje w urządzenia powodują niewspółmierny przyrost osiągniętej wydajności w stosunku do poniesionych kosztów, natomiast postęp technologiczny w produkcji słodu opiera się głównie na stosowaniu dodatków wspomagających proces słodowania i podnoszących jakość słodu.

Słowa kluczowe: sód, postęp techniczny, postęp technologiczny, produkcja słodu, słodowanie.

1. Wstęp

Postęp techniczny i technologiczny decydują o poziomie cywilizacji. Pozwalają one na osiągnięcie w określonych dziedzinach tego wszystkiego, co wcześniej było niedostępne i pozostawało jedynie w sferze marzeń. Początki obu tych postępów mają miejsce w czasach starożytnych cywilizacji, gdzie umiejętność dostosowywania się gwarantowała przetrwanie. Wraz z upływem czasu, gdy podstawowe potrzeby ludzkie można było zaspokoić szybciej i efektywniej, postęp stał się narzędziem do zaspokajania potrzeb wyższego rzędu i ulepszania znanych już rozwiązań. Efektem tych działań stały się również nowe techniki i technologie dotyczące różnych dziedzin życia człowieka. Postęp technologiczny i techniczny uzupełniają się i przenikają na wielu płaszczyznach, dlatego często dość trudno jest rozgraniczyć, co można uznać za postęp w dziedzinie techniki, a co w dziedzinie technologii. Są to także procesy ciągłe, a ich przebieg zależy od wielu czynników, podobnie jak one same, mających wpływ na twórczość ludzi w wielu dziedzinach.

Celem niniejszej pracy było przedstawienie pojęć postępu technicznego i technologicznego oraz ich historycznych uwarunkowań w produkcji słodu na przykładzie niewielkiej lokalnej słodowni.

2. Pojęcie postępu technicznego i technologicznego

Literatura traktująca o technice, jej rozwoju, a także o postępie technicznym nie podaje jednoznacznej definicji pojęć „technika” i „postęp techniczny”. Przyjęło się określać rozwój i postęp terminem „postęp techniczny” lub „postęp naukowo-techniczny”, jeśli bierze się pod uwagę współzależności rozwojowe techniki i nauki, które mają odwzorowanie w postępie naukowo-technicznym [Banach 2010].

Pojęcie „technika” pochodzi od greckiego słowa *techne* oznaczającego sztukę lub rzemiosło. Termin „technika” pojmowany jest współcześnie znacznie szerzej i odnosi się do każdego działania ludzkiego. W związku z tym można mówić o technice wychowania, myślenia, nauki, czytania czy badania naukowego, a więc o technice w charakterze niematerialnym, czyli o metodzie. W sferze działalności gospodarczej prezentuje się ją natomiast jako zespół środków materialnych używanych do osiągnięcia celu produkcji i nazywa „techniką produkcji” [Kozioł 1990]. Jej elementy to głównie narzędzia pracy, przedmioty pracy, surowce, energia i materiały.

Postęp techniczny jest skutkiem świadomego rozwoju środków technicznych dokonywanego przez człowieka, a więc doskonalenia takich przedmiotów, jak: narzędzia, aparatura, maszyny, elektroniczne środki techniczne, roboty i budowle [Banach 2010]. Celem postępu technicznego jest osiąganie efektów lepszych ilościowo i jakościowo, w krótszym czasie i przy malejących kosztach pracy.

Z ekonomicznego punktu widzenia pomiędzy postępowaniem technicznym i inwestycjami odnaleźć można ściśle powiązania i zależności. Struktura, poziom i rodzaj nakładów inwestycyjnych stanowią jeden z kilku głównych warunków wdrażania postępu technicznego w przemyśle, a także w innych sferach gospodarki. Z drugiej strony struktura i rozmiary inwestycji, stopień ich nowoczesności oraz efektywność i sprawność procesów inwestycyjnych są uzależnione od poziomu nie tylko technicznego, ale również technologicznego [Korona 1992].

Pojęcie „technologia” powstało przez połączenie dwóch greckich słów – *techne* i *logos*, które tłumaczy się jako „nauka”. Oznacza to połączenie dwóch dopełniających się dziedzin działalności człowieka, a mianowicie twórczości artystycznej i duchowej. Z tego powodu technologia to nie tylko racjonalny sposób wykonywania czynności, prac, posługiwania się przyrządami, ale także proces ciągłego doskonalenia sposobów i metod [Niedzielska 1990]. Technologia w ogólnym ujęciu obejmuje metody wykorzystane w procesach produkcyjnych, podczas których następuje wytwarzanie produktów, także w usługach materialnych (np. w pralniach, restauracjach, salonie fryzjerskim i firmach remontowych) i w sferze naukowej. Procesy technologiczne stanowią główny element procesów pracy. Z tego względu technologię traktuje się więc jako sposób przeprowadzania procesu wytwórczego lub produkcyjnego, a także dziedzinę, której zadaniem jest opracowanie nowych metod przetwarzania surowców lub produkcji wyrobów [Janasz 2011].

Na technologię składają się elementy wiedzy praktycznej, teoretycznej, umiejętności jej zastosowania, różnego rodzaju procedury i metody stosowane w procesie

wytwórczym oraz aparatura techniczna. W przedsiębiorstwie technologia obejmuje *hardware* (wyposażenie fizyczne niezbędne do wykonywania operacji i zadań, czyli maszyny, wyposażenie i urządzenia), *software* (niematerialne elementy, np. wiedzę, metody zarządzania i umiejętności) oraz *orgware* (struktury, metody organizacji i sposoby łączenia *software* i *hardware* we współpracującą całość) [Janasz 2011].

W celu zrozumienia znaczenia techniki i technologii, a także postępu dokonującego się w obu tych dziedzinach należy przeanalizować ich rozwój od zarania dziejów. Ludzkość od samego początku swojego istnienia stosowała technologię w celu zdobywania pożywienia i jego przyrządzenia, w celu utrzymania się przy życiu. Człowiek pierwotny nauczył się wykorzystywać i przekształcać powszechnie dostępne elementy przyrody, np. kamienie czy drewno. Dzięki temu mógł z początku budować szałas, później bardziej zaawansowane budowle, a także używać wytworzonych przez siebie narzędzi w innych sferach działalności ludzkiej, czyli w procesach technologicznych. W momencie, w którym wyodrębniły się grupy zajmujące się hodowlą, zbieractwem, rzemiosłem i uprawą ziemi, powstała więź rozwojowa między techniką, technologią i organizacją. Z biegiem czasu następował wzrost tej zależności, co miało bezpośredni wpływ na powolny i niestabilny rozwój gospodarczy. Później zależność rozwojowa przekształciła się we współzależność rozwojową technologii, techniki i organizacji, a wiedza dotycząca procesów technologicznych systematycznie wzrastała. Razem z powstaniem manufaktur bardziej zaawansowana technika była dostosowywana do organizacji przestrzennej i operacji technologicznych. Omawiana współzależność w okresie rewolucji naukowo-technicznej nabrała szczególnego znaczenia, które było skutkiem wdrożenia do działalności przedsięwzięć związanych z rozwojem techniki i zawierających elementy nauki [Banach 2010]. Współcześnie pracuje się nad realizacją i wdrażaniem do działalności gospodarczej skomplikowanych rozwiązań opartych na zaawansowanej wiedzy technicznej i technologicznej.

3. Zmiany techniczno-technologiczne w produkcji słodu

Jedną z gałęzi przemysłu, w których w ciągu dziesięcioleci zaobserwować można zmiany zachodzące w obrębie zarówno techniki, jak i technologii, jest produkcja słodu, surowca niezbędnego do wytwarzania piwa. Ziarna jęczmienia, będące najczęściej podstawowym surowcem procesu technologicznego słodowania, nie nadają się do produkcji piwa. Brak w nich aktywnych enzymów niezbędnych do hydrolizy ekstraktywnych składników, wytwarzają bardzo lepki ekstrakt, który jest ubogi w aminokwasy, oraz nie mają wymaganych walorów smakowych i zapachowych charakterystycznych dla piwa [Lewis, Young 2001]. Słodowanie wpływa na wymienione właściwości przez rozluźnienie, czyli zmiany we wszystkich biologicznych, chemicznych i fizycznych właściwościach ziarna jęczmienia, w procesie kontrolowanego kiełkowania [Leśniak 2002].

Początki historii słodownictwa nie są ściśle udokumentowane i sięgają czasów starożytnych cywilizacji mających chwile świetności wiele wieków przed narodzinami Chrystusa. Pisemne potwierdzenie produkcji piwa z moczonego, a następnie suszonego ziarna jęczmienia znaleźć można na egipskich hieroglifach. Jest wiele tłumaczeń starających się przybliżyć sposób produkcji słodu i mają one wiele cech wspólnych, co umożliwia przedstawienie jednolitego opisu.

Egipcjanie używali ziarna jedynie czystego i wysokojakościowego jęczmienia, które moczone było w glinianych kadziach przez 1 dzień, a następnie suszone w bezwietrznym miejscu do kolejnego poranka. Następnie ziarna ponownie moczone, tym razem przez 5 godzin, po czym przenoszono je do perforowanych naczyń i zalewano wodą. Rozmiękczone ziarna następnie suszono do momentu uzyskania suchej i jednolitej bryły. Bryła ta służyła później jako surowiec do wypieku chleba, z którego następnie wytwarzano piwo. W takim, pozbawionym specjalistycznych narzędzi, procesie technologicznym powstawał ówczesny sód – bardziej przypominający suchą grudkę składającą się z wielu ziaren, a więc bardzo odbiegający od dzisiejszych standardów. W tym czasie przetwarzanie ziarna jęczmienia było nierozdzielnie związane z wytwarzaniem piwa, co spowodowało, że przedstawiane jest ono jako część procesu technologicznego produkcji piwa aż do późnego średniowiecza (a w niektórych rejonach Europy nawet do czasów późniejszych) [Hornsey 2003].

Przez wieki zmieniały się elementy techniki i technologii słodowania, lecz główne ramy i założenia procesu technologicznego pozostawały takie same. W Prusach Królewskich w XVI-XVII wieku do produkcji słodu używano jedynie jęczmienia, co związane było z Bawarskim prawem czystości (niem. *Reinheitsgebot*). Zebrane ziarno poddawano oczyszczaniu przez przerzucanie szuflami na wietrze i przesiewanie przez rzeszota. Następnie ziarna jęczmienia bez plew moczone kilka dni w kadziach zalewnych, dzięki czemu łuska oddzielała się od części mączystej. Później ziarna umieszczano w tokach słodowych (klepiskach) z palonej cegły, kamienia lub gliny w celu kiełkowania. Warstwę słodu ułożoną na tokach skrapiano wodą co pewien czas, by zachować funkcje życiowe ziaren. Niezbędne było jednak częste przerabianie warstwy, by sód nie pleśniał. Wyrośnięte ziarna suszono i ewentualnie rozdrabniano (śrutowano) w młynach [Klonder 1983].

Wyrastanie i zalewanie ziarna zbóż odbywało się w mielcuchach (dawna nazwa słodowni), natomiast w ozdrowniach, będących osobnymi pomieszczeniami w mielcuchach, następowało suszenie wykiełkowanych ziaren [Sokólska 2002]. W przeciwieństwie do miast – na wsi ozdrownie, słodownie i browary lokowane znajdowały się w jednym budynku, co związane było głównie z niższymi kosztami budowy i podatkami [Klonder 1983]. Budynki przeznaczane na słodownie były z reguły małe i budowane z drewna.

Woda używana podczas produkcji słodu czerpana była z jezior lub wykopywanych studni [Klonder 1983]. Po zaopatrzeniu się w wodę ziarno oczyszczano, przepłukiwano wodą i moczone w kadziach zalewnych lub korytach. Kadzie były przeważnie sosnowe, w przeciwieństwie do koryt, które spotkać można było zarówno

no murowane, jak i metalowe lub drewniane. Moczenie trwało średnio około 3 dni, lecz mogło się różnić w zależności od rodzaju używanego jęczmienia i zamierzonego efektu. Po tym czasie ziarno zaczynało kiełkować. Spuszczano wówczas wodę z kadzi lub koryt, a następnie kiełkujące ziarno poddawano suszeniu w osobnym budynku lub pomieszczeniu.

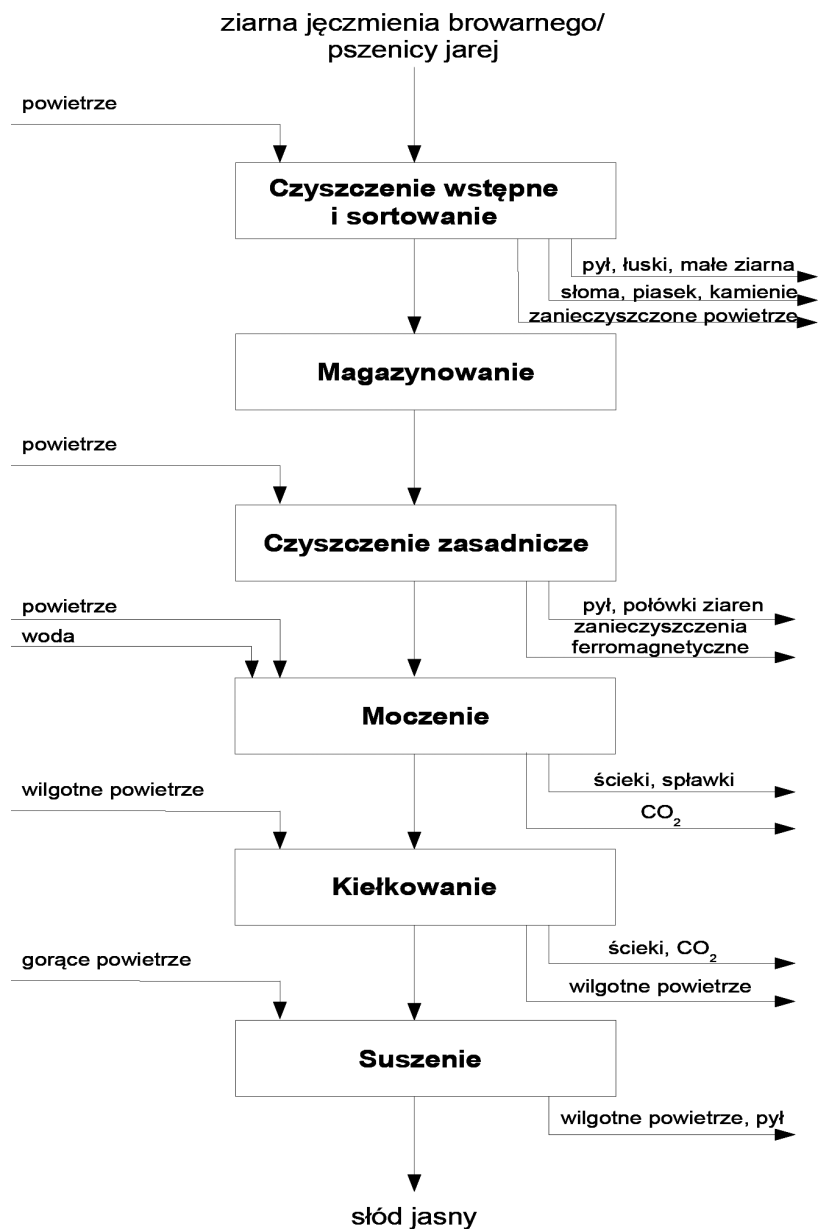
Podczas suszenia zalecane było mieszanie (przerabianie) słodu co kilka godzin, przez 2 dni, oraz zwilżanie wodą, kiedy stawał się zbyt suchy. Czasami suszono także na darach (lasach), które zbudowane były z desek z wywierconymi otworami lub z plecionych prętów. Pod darami, najczęściej w piwnicy, umieszczano paleniska. Ziarna często zatykały otwory w deskach, hamując dopływ ciepłego powietrza, konieczne więc było częste przerabianie słodu za pomocą szufli. W niektórych miastach stosowane były bardziej skomplikowane urządzenia. Zbudowane były z pieca, który stał na parterze, z którego wychodziła rura umieszczona w murze przeciwno-gniowym, a następnie na pierwszym piętrze przez specjalny otwór powietrze przedostawało się na dary. Słód po wysuszeniu przewożono do młynów wodnych lub wiatraków wyposażonych w osobne koła słodowe [Klonder 1983].

Przez kilka wieków produkcja słodu odbywała się w sposób zbliżony do opisanego powyżej. Powoli, wraz z rozwojem techniki i technologii, wprowadzane były nieznaczne ulepszenia i nowe rozwiązania, które często miały charakter eksperymentalny lub wynikały z przypadku, jakim mogło być np. uzyskanie zbyt wysokiej temperatury w piecu, co skutkowało otrzymywaniem ciemniejszych sładów.

Do rozwoju słodownictwa przyczyniła się także rewolucja przemysłowa, która rozpoczęła się w XVIII wieku. Do produkcji zaczęto stosować silniki parowe, a później spalinowe. Transport ziarna między piętrami słodowni został zmechanizowany dopiero na początku XX wieku, za pomocą przenośników taśmowych. Wtedy też za równomierne rozpraszanie ziaren odpowiadać zaczęły mechaniczne łopaty. W tym czasie obecne były już także systemy kiełkowania używające skrzyń, pneumatycznych podłóg, a także bębnow [Briggs i in. 1999; Briggs 1998; Wahl 1902]. Rozwiązania te są w dalszym ciągu stosowane i modyfikowane w mniejszym lub większym zakresie przez słodownie na całym świecie i często opisywane są w literaturze zaraz obok najnowocześniejszych technik i technologii [Leśniak 2002; Lewis, Young 2001].

Nowoczesne sposoby słodowania opierają się na wcześniejszych rozwiązaniach, lecz wspomagane są postępowaniem technicznym i technologicznym. Pojawiające się możliwości automatyzacji i robotyzacji większości czynności przyczyniły się do powstania bardzo wyspecjalizowanych maszyn i urządzeń. Starsze sprzęty, wcześniej obsługiwane ręcznie, są często unowocześniane przez zastosowanie sterowników PLC i paneli operatorskich umożliwiających zdalne kontrolowanie przebiegu procesu lub operacji jednostkowej. Wraz z doskonaleniem maszyn i urządzeń sukcesywnie powiększała się wiedza biotechnologiczna z zakresu słodowania, co umożliwiło określenie czynników wpływających na procesy lub operacje jednostkowe, a także sterowanie nimi.

Schemat ideowy procesu technologicznego produkcji słodów jasnych przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat ideowy procesu technologicznego produkcji słodów jasnych

Źródło: opracowanie własne według [Adrjanowicz 2000].

W nowoczesnych słodowniach ziarna jęczmienia po rozładowaniu są wstępnie oczyszczane i sortowane, by nie zanieczyszczać silosów, w których są przechowywane, a także w celu uniknięcia zniszczenia maszyn i urządzeń wrażliwych na zanieczyszczenia mechaniczne. Do **czyszczenia wstępnego i sortowania** używane są urządzenia, takie jak aspiratory, przesiewacze, wialnie, a także czyszczalnie bębnowe. Po zakończeniu oczyszczania ziarna jęczmienia są gotowe do przechowywania [Kunze 1999]. W bardzo popularnych czyszczalniach bębnowych nieoczyszczone ziarno kierowane jest do komory aspiracyjnej, gdzie spotyka się z silnym strumieniem powietrza. Następnie jęczmień kierowany jest do bębna z sitami, który podzielony jest na sekcje umożliwiające zamontowanie sit o różnych wielkościach otworów [*Silosy, suszarnie...*].

Po wstępnym oczyszczeniu ziarna jęczmienia są przechowywane w magazynach i silosach lub kierowane do urządzeń zajmujących się czyszczeniem zasadniczym. Wybór wariantu zależy od aktualnego zapotrzebowania na ziarno oraz możliwości przerobowych słodowni [Leśniak 2002].

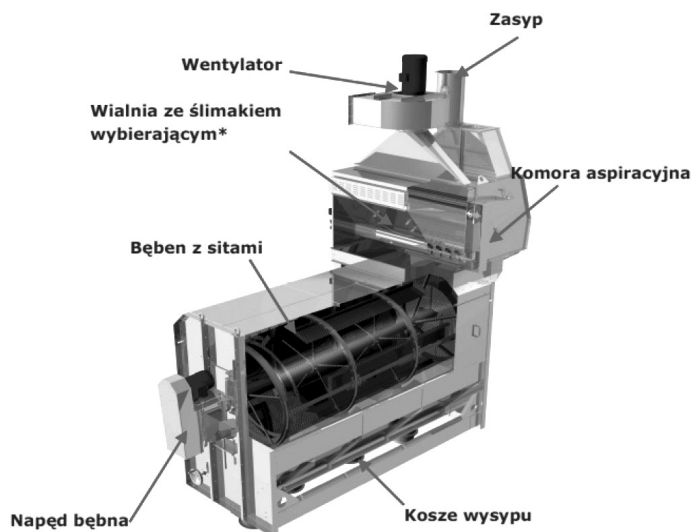
W słodowniach spotkać można 3 rodzaje **magazynów**: sąsiekowe, podłogowe i komorowe. Nowoczesne słodownie korzystają jedynie ze spichrzów komorowych (silosów), gdyż pozostałe 2 typy magazynów wymagają przeważnie nakładu pracy ludzkiej, podczas gdy silosy mogą być w pełni zautomatyzowane w obsłudze.

Starsze typy silosów budowane były przeważnie z betonu i miały prostokątny lub okrągły kształt. Składały się one z 2 części. Pierwszą z nich stanowiła wieża operacyjna, gdzie ulokowane były urządzenia do transportu pionowego i czyszczenia ziarna. Drugą częścią były komory do przechowywania jęczmienia [Leśniak 2002].

Najnowsze rozwiązania w dziedzinie przechowywania ziarna jęczmienia obejmują silosy lejowe i płaskodenne o cylindrycznej budowie i stożkowatym dachu. Nadają się one do długo- i krótkoterminowego przechowywania jęczmienia oraz mogą służyć jako silosy operacyjne. Z powodzeniem magazynować w nich można ziarno mokre i suche, gdyż mają możliwość wietrzenia przechowywanego materiału. Silosy tego typu zbudowane są z wysokogatunkowych blach płaskich ocynkowanych, które znacznie poprawiają fitosanitarne warunki przechowywania jęczmienia [*Silosy, suszarnie...*].

Celem **czyszczenia zasadniczego** jest odseparowanie od ziarna zanieczyszczeń ferromagnetycznych oraz mniejszych i połamanych ziaren. Zanieczyszczenia o kulistym kształcie (połówki ziaren i małe ziarna) oddziela urządzenie zwane tryjerem. Często stosuje się także tryjerosortowniki, które dodatkowo wyposażone są w cylinder sitowy z prostokątnymi otworami o odpowiedniej szerokości, co umożliwia sortowanie ziarna według jego grubości [Briggs i in. 1999; Leśniak 2002]. Do czyszczenia zasadniczego stosuje się te same aspiratory i czyszczalnie bębnowe (rys. 2) co do czyszczenia wstępnego, lecz o odpowiednio zmodyfikowanych ustawieniach parametrów pracy.

Kolejnym etapem procesu technologicznego produkcji słodu jest **moczenie ziarna jęczmienia**. Znanych jest wiele sposobów moczenia jęczmienia, lecz większość



Rys. 2. Czyszczalnia bębnowa CZB firmy Araj

Źródło: [Silosy, suszarnie...].

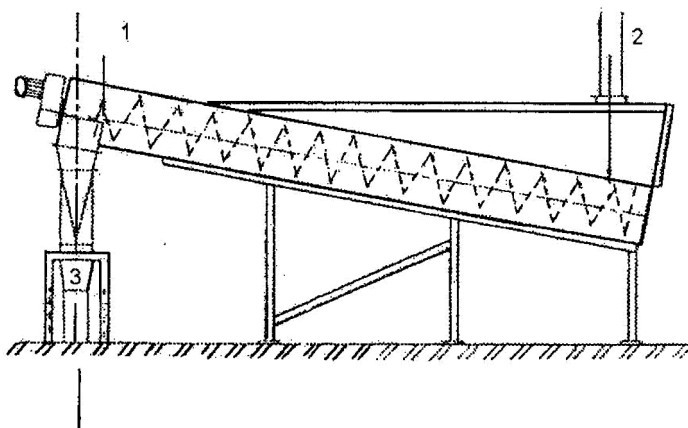
z nich uważa się obecnie za przestarzałe (np. namaczanie bez wietrzenia). Aktualnie używanymi rozwiązaniami są: moczenie powietrzno-wodne, moczenie stałym przepływem napowietrzanej wody oraz moczenie przez zraszanie.

Moczenie powietrzno-wodne jest najczęściej stosowanym sposobem namaczania. Polega na naprzemiennym przetrzymywaniu ziarna bez wody i pod wodą. Ziarna jęczmienia przetrzymywane bez wody wchłaniają jej pozostałą część przylegającą do ich powierzchni. Intensywność wchłaniania wody przez ziarno podczas namaczania powietrznego jest większa w porównaniu z sytuacją, w której ziarno pozostaje cały czas w wodzie. Wodę zmienia się najczęściej 2 lub 3 razy na dobę, a ziarna jęczmienia przetrzymywane są 3 godziny w wodzie i 6 godzin bez wody. Podczas gdy ziarno zanurzone jest w wodzie, należy przeprowadzać intensywne wietrzenie co godzinę. Wydzielający się w wyniku oddychania ziaren CO_2 rozpuszcza się w wodzie i usuwany jest przy jej zmianie. W sytuacji, gdy ziarno przebywa bez wody, CO_2 odsysany jest dołem kadzi zalewnych [Leśniak 2002; Pazera, Rzemieniuk 1998].

Do najnowocześniejszych zamaczalników zalicza się [Leśniak 2002]:

- zamaczalniki ślimakowe – przeznaczone są do mycia, wstępnego moczenia oraz domaczania jęczmienia (rys. 3). Ziarno podawane jest do pochyłej rynny wypełnionej wodą, w której jest powoli przesuwane w górę za pomocą ślimaka;
- zamaczalniki z płaskim dnem – są to pojemniki o kształcie cylindra zbudowane ze stali nierdzewnej i wyposażone w perforowane dno, na którym leży ziarno. Równomierne rozmieszczenie ziarna w zbiorniku oraz jego opróżnianie umożliwia wieloramienny zgarniacz;

- zamaczalniki bębnowe – zbudowane są z bębnow, w których ziarna jęczmienia przebywają w temperaturze 25°C przez 30-45 minut, po czym podawany jest dalej.

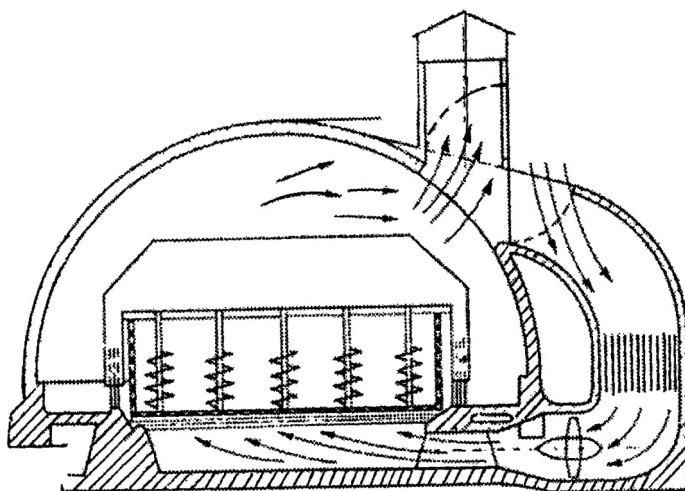


Rys. 3. Zamaczalnik ślimakowy: 1 – dopływ wody, 2 – wsyp jęczmienia, 3 – wylot namoczonego jęczmienia

Źródło: [Leśniak 2002].

Celem **kielkowania (słodowania)** jest wytworzenie odpowiedniej ilości enzymów oraz rozluźnienie struktury bielma. Przebieg kielkowania ziarna jęczmienia zależy od temperatury, obecności tlenu i stopnia namoczenia. Temperatura kielkowania mieści się w przedziale od 12 do 14°C i jest optymalna do tworzenia enzymów. Budzący się zarodek potrzebuje substancji prostych, które powstają w efekcie działania enzymów. Temperatura kielkowania jest niższa od temperatury optymalnej działania enzymów, co warunkuje małą szybkość reakcji enzymatycznych. Z tego powodu, aby spełnić zapotrzebowanie zarodka, enzymów tych musi być więcej. Obecność tlenu natomiast zapobiega procesom fermentacyjnym i jest niezbędna do wytworzenia enzymów w ziarnie. Jednakże im szybciej oddycha ziarno, tym większy ubytek suchej masy [Leśniak 2002; Pazera, Rzemieniuk 1998].

Najnowocześniejsze słodownie o działaniu ciągłym umożliwiają słodowanie jęczmienia metodą stacjonarną, która polega na moczeniu, kielkowaniu oraz suszeniu ziarna w tej samej skrzyni (rys. 4). W słodowni Morela wstępnie moczone ziarno jęczmienia kierowane jest do skrzyni na kołach, która przesuwa się co 24 godziny o swoją długość, przez co przechodzi do innej komory klimatyzacyjnej. Następnie sód jest usuwany, a skrzynia wraca do położenia wyjściowego i jest ponownie napełniana jęczmieniem. Rozwiązanie takie zastosowano również w słodowni Saturn, gdzie skrzynie ustawione są kolistie, a pierwsza skrzynia służy do kielkowania, natomiast ostatnia (siódma) do suszenia [Leśniak 2002; Pazera, Rzemieniuk 1998].



Rys. 4. Przekrój skrzyni słodowniczej typu Saturn

Źródło: [Leśniak 2002].

Na ziarnach jęczmienia bytuje wiele drobnoustrojów z rodzaju *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* i *Fusarium*. Ich obecność może powodować rozmiękanie ziarna, obniżenie energii i zdolności kiełkowania oraz ubytek suchej masy. Badania naukowe dowiodły, że wprowadzenie do wody na początku moczenia szczepów *Geotrichum candidum* z różnych środowisk hamowało wzrost niepożądanych grzybów, w szczególności z rodzaju *Fusarium*, co pozytywnie wpływało na jakość słodu [Piegza i in. 2004; Stempniewicz, Witkowska 2003]. Ograniczenie wzrostu grzybów toksynotwórczych było wynikiem konkurencji o składniki pokarmowe i przestrzeń życiową [Piegza, Stempniewicz 2002].

Na rynku obecne są już grzybowe kultury starterowe, które wspomagają biokontrolę procesu słodowania. Aktywną kulturę starterową dodaje się do ziarna podczas pierwszego zamaczania, a jej rozwój ogranicza wzrost mikroorganizmów, takich jak *Aspergillus*, *Fusarium* i *Penicillium*, oraz zapobiega problemom przez nie powodowanym, np. obecności mykotoksyn, zjawisku gushing (natychmiastowego wytworzenia się dużej ilości bąbelków CO₂ po otwarciu puszk lub butelki piwa) i przedwczesnej fluktuacji drożdży. Stosowanie sładów produkowanych przy jej użyciu, w porównaniu z wytworzonymi w sposób tradycyjny, korzystnie oddziałuje na cechy brzezki, a mianowicie [Haze 2003]:

- niższe pH,
- większą powtarzalność,
- wyższy o 1% ekstrakt w brzezce kongresowej,
- niższe zmętnienie brzezki.

Mokry sód łatwo ulega zepsuciu, więc nie nadaje się do dalszego przerobu ani do magazynowania. Celem **suszenia** i **prażenia** słodu jest przerwanie procesów życiowych ziarna i zainicjowanie zmian fizykochemicznych właściwości słodu, przede wszystkim nadanie mu specyficznego smaku i zapachu oraz utrwalenie tych cech. Wsuszenie słodu do zawartości wilgoci wynoszącej ok. 4% umożliwia jego bezpieczne przechowywanie i powoduje zatrzymanie przemian enzymatycznych, jednocześnie pozwala na zachowanie aktywności enzymów niezbędnych w procesach zachodzących podczas zacierania [Briggs 1998; Kunze 1999; Leśniak 2002; Pazera, Rzemieniuk 1998].

Suszarnie to najczęściej wysokie i wielopiętrowe budynki z odpowiednio rozlokowanymi siatkami i urządzeniami transportującymi. Gorące spaliny zawracane są kilka razy przez wymienniki ciepła, gdzie ogrzewają powietrze wędrujące do suszarni. Współczesne suszarnie wytrzymują obciążenie od 350 do 500 kg/m². Budowane są one najczęściej na planie koła lub kwadratu i są jedno- lub dwusiatkowe [Kunze 1999; Leśniak 2002].



Rys. 5. Prażarka RAVOZ PS 800

Źródło: [RAVOZ].

Słody karmelowe, bursztynowe i czekoladowe wymagają modyfikacji podstawowego procesu technologicznego. Surowcem jest zazwyczaj ziarno jęczmienia browarnego, sód pilznieński lub sód zielony. Otrzymywanie ciemnych sódów (barwiących) polega na prażeniu ziaren w odpowiedniej temperaturze, a następnie chłodzeniu otrzymanego słodu do temperatury umożliwiającej jego przechowywanie i transport. Prażenie odbywa się w 4 etapach, w prażarkach (rys. 5). Pierwszy

etap obejmuje załadowanie urządzenia sładem za pomocą przenośników ślimakowych lub taśmowych, podgrzewanie sładów do temperatury ok. 80°C, kiedy następuje przerwa scukrzająca, oraz dalsze ogrzewanie do temperatury wynoszącej od 150 do 255°C, co może trwać od 40 do 180 minut. Drugi etap, nazywany doprażaniem, prowadzony jest w temperaturze od 180 do 230°C i trwa do momentu uzyskania pożądanego koloru sładów. W kolejnym etapie następuje zraszanie sładów wodą oraz jej odparowanie z powierzchni sładów. Etap ten kończy się w momencie, gdy temperatura sładów spadnie i łuska jest sucha. Czwartym etapem, trwającym około 5 minut, jest chłodzenie sładów na sicie, a następnie jego transport do silosu [RAVOZ].

4. Postęp techniczny i technologiczny w produkcji sładów na przykładzie małej tradycyjnej słodowni

Słodownictwo w Polsce ma bardzo długą historię. Począwszy od czasów prasłowiańskich do teraźniejszości, zakłady lub po prostu miejsca, w których wytwarzano sład, pojawiały się i znikaly, pozostawiając po sobie ślady odkrywane w postaci wykopalisk lub dokumentacji. Niektóre ze słodowni przetrwały na tyle długo, że można na podstawie ich rozwoju prześledzić pewien wycinek z historii słodownictwa. Poniżej zaprezentowano obraz zmian w zakresie zarówno technicznym, jak i technologicznym w małej tradycyjnej słodowni.

W omawianej słodowni znaleźć można równocześnie stare budynki, budowle, maszyny i urządzenia datowane na ponad jeden wiek, jak i nowe, zakupione lub wybudowane w ramach ostatnich projektów inwestycyjnych. W słodowni ciągle użytkowane są stare silosy betonowe. Służą one do magazynowania ziaren oraz sładów i składają się z 2 części. Wietrzenie ziarna prowadzi się za pomocą wentylatorów. Przemieszczanie ziaren jęczmienia lub sładów odbywa się z użyciem przenośników ślimakowych. Na terenie przedsiębiorstwa znajduje się 12 tego typu silosów o pojemności około 350 ton oraz 14 sztuk mogących pomieścić około 100 ton ziarna lub sładów każdy.

Zespół nowszych obiektów liczy 12 silosów, z których każdy może pomieścić około 1700 ton ziarna lub gotowego sładów. Silosy tego typu zbudowane są z wysokogatunkowych blach płaskich ocynkowanych, które stanowią najlepszą powłokę galwaniczną, minimalizują zjawisko kondensowania się pary wodnej, praktycznie uniemożliwiają gromadzenie się zanieczyszczeń i – co najważniejsze – znacznie poprawiają fitosanitarne warunki przechowywania jęczmienia [*Silosy...*]. Najnowsze silosy podobne są w konstrukcji do pozostałych blaszanych, lecz pojedynczy silos jest w stanie pomieścić około 2500 ton sładów lub ziarna. Dzięki tej inwestycji baza magazynowa jest w stanie pomieścić do 38 tys. ton ziarna.

Polepszenie warunków składowania ziarna jęczmienia umożliwia skupowanie go od dostawców w większych ilościach i tym samym zabezpieczenie zakładu przed wahaniem podaży poszczególnych odmian jęczmienia. Ważną zaletą składowania ziarna w blaszanych silosach jest również fakt, iż zmniejszone zostaje prawdopo-

dobieństwo psucia się zboża w wyniku rozwoju grzybów z rodzaju *Fusarium* lub zmiany wilgotności wewnątrz tych spichrzy komorowych, co często miało miejsce w silosach betonowych.

Z początkiem XXI wieku zakupione zostały nowe tryjery, łapacze metali i wialnie. Zastąpiły one używane do tego czasu przedwojenne urządzenia, których wydajności, sposoby i parametry pracy nie były w żaden sposób udokumentowane. W związku z powyższym nie można jednoznacznie określić kierunku postępu technicznego w odniesieniu do maszyn i urządzeń przeznaczonych do czyszczenia wstępnego i zasadniczego.

Początkowo w słodowni znajdowało się 6 kadzi, w których moczenie odbywało się sposobem powietrzno-wodnym, co powodowało duże zużycie wody przez jej nieefektywną gospodarkę. Ponadto kadzie obsługiwane były ręcznie – spuszczenie wody i zalewanie odbywało się przez otwieranie zaworów i zamykanie ich w odpowiednim momencie. Liczba kadzi została zwiększona o trzy w latach 90. ubiegłego wieku. W następnych latach modernizacja objęła także system nawadniania ziarna. Podczas inwestycji mającej na celu automatyzację procesu moczenia podjęto decyzję o wdrożeniu sposobu moczenia przez zraszanie, który zastąpić miał dotychczas stosowany sposób powietrzno-wodny. Mocząc ziarno starym sposobem, należało przetrzymywać je naprzemiennie pod wodą i bez wody. Wodę zmieniano 3 razy w ciągu doby, a jęczmień przetrzymywany był 6 godzin bez wody i 3 godziny w wodzie. Wydzielane przez ziarno substancje goryczkowe, garbnikowe i barwniki, a także CO₂, gromadzone były w wodzie i wraz z nią usuwane [Leśniak 2002]. Aktualnie cały proces moczenia ziarna sterowany jest za pomocą komputera.

W początkowych latach istnienia przedsiębiorstwa kiełkowanie jęczmienia odbywało się w słodowni klepiskowej. Słodownia klepiskowa cechowała się niską wydajnością i wymagała dużych nakładów pracy ludzkiej. Namoczone ziarno usypywane było w pryzmach o grubości około 25 cm. Aby zapewnić możliwie optymalny dostęp do tlenu wszystkim ziarnom, należało przerabiać pryzmę w określonych odstępach czasowych. Ziarno schło szybciej w miejscu, gdzie miało największy dostęp do powietrza, a więc na zewnątrz pryzmy [Leśniak 2002; Pazera, Rzemieniuk 1998]. Przewracanie ziarna łopatą pozwalało również na odparowanie nadmiaru wody z ziaren początkowo znajdujących się wewnątrz pryzmy, a także w pewnym zakresie pozwalało regulować temperaturę kiełkowania. Używane systemy wietrzenia mające na celu utrzymanie ruchu powietrza zapewniającego ziarnu odpowiednią ilość tlenu cechowały się niewspółmiernym nakładem energii w stosunku do osiągniętych efektów.

Z początkiem XX wieku w słodowni instalowane były bębny Gallanda. Ciągłe obracanie i wietrzenie ziarna w bębnach Gallanda warunkuje zapewnienie optymalnego dostępu do tlenu oraz utrzymywanie odpowiedniej wilgotności ziarna i jego temperatury. W bębnie objętość powietrza w stosunku do jego pojemności przy pełnym załadunku powinna przekraczać 30%, co oznacza, że zmiana parametrów powietrza (wilgotności i temperatury) dużo efektywniej wpłynie na temperaturę i wil-

gotność ziarna niż w przypadku słodowania klepiskowego. Wraz ze zmianą systemu słodowania wzrosła także wydajność – w słodowniach klepiskowych z 1 m² podłogi uzyskać można było około 30 kg skielkowanego ziarna w ciągu 7-8 dni, natomiast dzięki systemowi Gallanda z pojedynczego bębna otrzymać można około 12,5 tony słołu gotowego do suszenia w 5-6 dni [Kunze 1999; Leśniak 2002; Pazera, Rzemieniuk 1998].

Łączna liczba słodowni bębnowych wynosi 16 sztuk, są one rozlokowane na 2 piętrach – po 8 sztuk na każdym. Początkowo na każdym piętrze znajdował się jeden napęd, co wymagało ładowania wszystkich bębnow naraz lub wyłączania napędu w momencie załadunku bębna znajdującego się na tym samym piętrze. Powodowało to także komplikacje w sytuacji, gdy jedno z urządzeń ulegało awarii – wyłączane musiały być tymczasowo także sprawne bębny. W późniejszych latach, aby uniknąć takich przypadków, zmodernizowano systemy napędowe – każdy bęben Gallanda wyposażony został w odrębny silnik. Zmianie uległ także system cyrkulacji powietrza – kiedyś było ono chłodzone i nawilżane w komorach chłodniczych, aktualnie używane są bardziej wydajne agregaty chłodnicze. Ruch powietrza wymuszany był wcześniej tylko za pomocą wentylatora ssącego, późniejsza modyfikacja opierała się na zakupieniu i zainstalowaniu dodatkowo wentylatora tłoczącego, a także systemu automatyzującego pracę urządzeń chłodniczych i samych bębnow.

Zmiana systemu słodowania z klepisk na bębny Gallanda usunęła problem styczności ziarna z otoczeniem podczas kiełkowania. W słodowni klepiskowej dużo łatwiej nastąpić mogło rozprzestrzenianie się niepożądanych mikroorganizmów. Słodownia klepiskowa po każdym ręcznym opróżnieniu musiała być dokładnie myta, zarówno na podłogach, jak i ścianach oraz suficie [Leśniak 2002; Pazera, Rzemieniuk 1998]. Bębny podczas pracy są szczelnie zamknięte, a załadunek jęczmienia wykonywany jest automatycznie przez zespół przenośników mechanicznych. Opróżnianie bębna jest wykonywane mechanicznie, co umożliwia otwierane otwory w bębnie, przez które zesłodowane ziarno kierowane jest do kosza zbiorczego i później do przenośników trzęsakowych. Powoduje to, że bębny po usunięciu słołu wystarczy przepłukać wodą, bez konieczności dokładnego mycia [Kunze 1999; Leśniak 2002].

Czynności wykonywane ręcznie w słodowni klepiskowej, takie jak regulacja temperatury, napowietrzanie i wentylacja, zostały zautomatyzowane przez system Gallanda. Ponadto każdy bęben sterowany jest z poziomu panelu operatorskiego połączonego z odpowiednim sterownikiem PLC. Temperatura zadawana jest i utrzymywana za pomocą termostatu, napowietrzanie zachodzi w wyniku ruchu obrotowego bębna, a sterowanie wentylacją oparte jest na modyfikowaniu parametrów pracy obu wentylatorów.

Postęp techniczny w zakresie słodowania ziarna umożliwił przejście z poziomu prymitywnych słodowni klepiskowych do zaawansowanych technicznie bębnow Gallanda.

Suszarnia nie uległa zbyt wielkim zmianom od momentu jej zainstalowania. Suszenie początkowo odbywało się na wszystkich 3 siatkach suszarni. Jeszcze 10

lat temu, kiedy dużo większym popytem cieszyły się słody jasne, wykorzystanie wszystkich siatek było niezbędne do uzyskania najbardziej pożądanego typu słodu – pilzneńskiego. Ze względu na zmiany w popycie zredukowano liczbę używanych siatek do 2, znacznie skracając proces suszenia – na każdej siatce sód z jednego bębna Gallanda (12,5 tony) przebywa przez około 8 godzin, co w efekcie daje zmniejszenie czasu trwania suszenia o 1/3. Konsekwencją zmiany sposobu suszenia jest więc nieco ciemniejszy, lecz dalej wartościowy sód otrzymywany szybciej, przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia energii cieplnej na jego produkcję.

Początkowo system grzewczy zbudowany był z pieca, rur grzejnych i komina. Aktualne rozwiązanie oparte jest na wykorzystaniu pary przechodzącej z kotłowni przez nagrzewnicę, co powoduje ogrzanie powietrza w komorze nagrzewczej bez potrzeby tłoczenia spalin przez wymienniki ciepła.

W miarę upływu lat zmianie uległa także liczba i sposób pracy prażarek. Początkowo w słodowni znajdowała się jedna prażarka. Jest ona ciągle używana, lecz nie ma systemu sterowania; początkowo zasilana była węglem (obecnie gazem). Wzrost zapotrzebowania na słody specjalne wymusił zakup dodatkowych prażarek. Dawniej w celu uzyskania ciemniejszego słodu pozostawiało się go dłużej na dolnej siatce suszarni i zwiększało temperaturę powietrza w komorze nagrzewczej. Otrzymywanie sładów barwiących wymagało jednak utrzymywania temperatur znacznie wyższych niż te możliwe do wytworzenia w suszarni. W tym celu zastosowano prażarki, w których w krótkim czasie uzyskać można wysokie temperatury. Podczas prażenia w ziarnie zachodzi synteza substancji barwiących, których efektem jest pojawienie się ciemnego koloru słodu, tak pożądanego przez browary. Czas trwania tego procesu porównywalny jest z czasem suszenia, jednak podczas prażenia uzyskuje się bardziej pożądanę na rynku typy słodu mniejszym kosztem.

Z początkiem XX wieku systematycznie wyposażano linię technologiczną w kolejne prażarki. Najnowsze maszyny początkowo również obsługiwane były ręcznie. Pod koniec 2009 r. prażarki zostały zaopatrzone w systemy sterowania firmy Siemens, co umożliwiło programowanie różnych profili prażenia i nie wymagało ciągłego nadzorowania parametrów pracy maszyn. Praca operatorów, pierwotnie wymagająca ręcznego operowania zaworami i grzałkami, ograniczona została do wybrania odpowiedniego programu i sprawdzania poprawności pracy prażarek. Postęp techniczny w tej dziedzinie pozwolił na zmniejszenie liczby pracowników niezbędnych do prawidłowej obsługi prażarek. Umożliwił on także komputerową diagnostykę poszczególnych jej elementów, dzięki czemu w przypadku awarii jej przyczyna znana jest od razu, co umożliwia szybkie podjęcie stosownych zabiegów.

5. Podsumowanie

Na podstawie powyższych rozważań można stwierdzić, że rewolucyjne zmiany w technice i technologii dotyczące poszczególnych procesów i operacji jednostkowych w słodownictwie właściwie nie występują. Oczywiście w ciągu wieków

zmieniały się elementy techniki i technologii słodowania, jednak główne założenia i ramy procesu pozostają ciągle niezmiennie. Aktualnie dominują zmiany mniej znaczące, powodujące niewielki wzrost wydajności procesu. Inwestycje w nowe techniki i technologie są uzasadnione ekonomicznie dopiero wówczas, kiedy słodownia korzysta z bardzo starych i mało wydajnych, w stosunku do najnowszych, rozwiązań. Znamion postępu w produkcji słodu należałoby więc obecnie upatrywać nie w samych rozwiązaniach technicznych czy sposobach przeprowadzania operacji i procesów jednostkowych, lecz w doborze stosowanych surowców, a także dodatków, takich jak kultury starterowe, które wspomagają proces słodowania i podnoszą jakość słodu.

Literatura

- Adrjanowicz E., Janczar M., Pietkiewicz J., *Charakterystyki i kierunki zagospodarowania odpadów w słodowniach*, „Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny” 2000, 44 (10), s. 20-21.
- Banach B., *Rozwój i postęp techniczny na tle ogólnych prawidłowości gospodarczych i cywilizacyjnych: wybrane problemy*, Księgarnia Akademicka, Kraków 2010.
- Briggs D.E., Hough J.S., Stevens R., Young T.W., *Malting and Brewing Science: Hopped Wort and Beer*, Tom 2, Aspen Publishers, Gaithersburg 1999.
- Briggs D.E., *Malts and Malting*, Blackie Acad. & Professional, London 1998.
- Haze P., *Grzybowe kultury starterowe: kontrolowanie i ulepszanie procesu słodowania*, [w:] VIII Szkoła Technologii Fermentacji, 2003, s. 57-59.
- Hornsey I.S., *A History of Beer and Brewing*, RSC Paperbacks, Cambridge 2003.
- Janasz W. (red.), *Innowacje w zrównoważonym rozwoju organizacji*, Difin, Warszawa 2011.
- Klonder A., *Browarnictwo w Prusach Królewskich: 2 połowa XVI-XVII w.*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1983.
- Korona M., *Postęp techniczny: zagrożenia – szanse*, GUS, Warszawa 1992.
- Kozioł P., *Poziom techniczny przemysłu a wielkość i struktura wymiany handlowej (lata 1971-1985)*, Akademia Ekonomiczna im. Karola Adamieckiego, Katowice 1990.
- Kunze W., *Technologia piwa i słodu*, PIWOCHMIEL, Warszawa 1999.
- Leśniak W., *Biotechnologia żywności. Procesy fermentacji i biosyntezy*, Wyd. AE im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław 2002.
- Lewis M.J., Young T.W., *Piwarstwo*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- Pazera T., Rzemieniuk T., *Browarnictwo*, WSiP, Warszawa 1998.
- Piegora M., Stempniewicz R., Witkowska D., *Wpływ metabolitów *Geotrichum candidum* na wzrost *Fusarium**, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2004, 3(40) Supl., s. 175-183.
- Piegora M., Stempniewicz R., *Ocena antagonizmu drożdży *Geotrichum candidum* w stosunku do toksynotwórczych grzybów rodzaju *Fusarium**, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2002, 3(32) Supl., s. 136-148.
- Sokólska H. (red.), *Piwo we Wrocławiu: od średniowiecza po czasy współczesne*, katalog wystawy Muzeum Miejskiego, Wrocław 2002.
- RAVOZ, spol. s.r.o. [on-line], Malt roaster datasheet [dostęp: 12.10.2012]. Dostępna w Internecie: http://www.ravoz.cz/pdf/malt_roaster.pdf.
- Silosy, suszarnie, czyszczarnie, transportery, ziarna [on-line]. Araj [dostęp: 11.10.12]. Dostępna w Internecie: <http://www.araj.pl>.

- Stempniewicz R., Witkowska D., *Aktywności enzymatyczne kultur starterowych jako kryterium selekcji szczepów o potencjalnym zastosowaniu w słodownictwie*, [w:] VIII Szkoła Technologii Fermentacji, 2003, s. 45-54.
- Niedzielska E. (red.), *Technologia przetwarzania danych*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1990.
- Wahl R., *American Handy-Book of the Brewing, Malting and Auxiliary Trades*, Wahl & Henius, Chicago 1902.

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PROGRESS IN MALT PRODUCTION

Summary: Technical progress is a key factor influencing the rationalization and intensification of production processes, as well as the modernization of manufactured products. Thanks to that, it can be acknowledged as a tool for developing competitiveness of companies. Changes in a company, that are conditioned by technical progress, can be related to technological processes, applied machines or manufactured products, what can result in the reduction of outlay of production factors. By dint of technical progress, process of manufacturing activity can be facilitated even if it generates additional costs. In this paper the idea of technical and technological process was presented and described considering malting branch based on the example of a small local malt house. Both technical and technological progress in the field of malting has currently reached a standstill. Investments in machines cause disproportionate growth of efficiency when comparing to incurred costs, whereas technological progress in malting bases mainly on changes not affecting the ways of conducting unit processes or operations, but in applied additions aiding in the process of malting and increasing malt quality.

Keywords: malt production, malting, technical and technological progress.