

## Sposób suszenia i rozdrabniania młóta browarnianego

Przedmiotem wynalazku jest sposób suszenia i rozdrabniania młóta browarnianego mający zastosowanie w przemyśle spożywczym, a także w produkcji napełniaczy do wytwarzania biokompozytów.

Młóto browarniane stanowi główny produkt uboczny przemysłu browarniczego, powstający w procesie zacierania słodu. Odpad ten, w przeciwieństwie do wielu innych odpadów przeróbki materiałów zbożowych, jest generowany przez cały rok w bardzo dużych ilościach. Młóto browarniane stanowi około 85% wszystkich odpadów generowanych podczas produkcji piwa i według danych literaturowych suche młóto stanowi około 31% początkowej wagi użytych słodów - S.I. Mussatto, G. Dragone, I.C. Roberto, *Journal of Cereal Science* (2006), 43, 1-14. Zakładając, że na każde 100 litrów wyprodukowanego piwa, zużywa się 20 kilogramów słodów (wartość dla najpopularniejszego gatunku piwa - jasnego lagera, dla wysokoekstraktywnych stoutów przekracza 45 kilogramów), 6,2 kilograma suchego młóta browarnianego powstaje przy produkcji każdego hektolitra piwa. Według raportu The Brewers of Europe Beer Statistics Report z roku 2018, dostępnego na stronie [www pod adresem <https://brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2018/EU-beer-statistics-2018-web.pdf>](http://www.brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2018/EU-beer-statistics-2018-web.pdf), w Europie produkuje się ponad 41 miliardów litrów piwa rocznie, co generuje 2,5 miliona ton młóta browarnianego. Zaletą młóta browarnianego jest jego niska cena, co zwiększa atrakcyjność dla potencjalnych zastosowań w przemyśle. Problemu nie stanowi też zanieczyszczenie młóta, ponieważ produkcja piwa wymaga bardzo dużej czystości, gdyż brzezka piwna jest podatna na utlenianie i infekcje. Przed producentami piwa stawiane są wysokie wymagania związane z czystością produkcji, co pozytywnie wpływa też na czystość generowanego młóta browarnianego.

Młóto browarniane składa się głównie z włókien, takich jak celuloza i hemiceluloza oraz z ligniny. Pod względem kompozycji jest podobne do mączki drzewnej, otrębów oraz różnych włókien naturalnych, które wykorzystywane były do produkcji kompozytów WPC

(wood-plastic composite). W literaturze znaleźć można kilka doniesień dotyczących wykorzystania młóta do produkcji biokompozytów polimerowych, między innymi: A. Hejna, K. Formela, M.R. Saeb, *Industrial Crops and Products* (2015), 76, 725-733; M. Cunha, M. A. Berthet, R. Pereira, J. A. Covas, A. A. Vicente, L. Hilliou, *Polymer Composites* (2015), 36, 1859-1865. Jak wspomniano powyżej europejska produkcja piwa szacowana jest na 41 miliardów litrów rocznie, co generuje 2,5 miliona ton młóta browarnianego. W Polsce rocznie produkuje się około 4 miliardy litrów piwa, co generuje co roku 250 tysięcy ton młóta browarnianego. Według raportu Market Research Store dotyczącego rynku kompozytów WPC, dostępnego na stronie [www pod adresem <http://www.marketresearchstore.com/report/wood-plastic-composites-market-z38105>](http://www.marketresearchstore.com/report/wood-plastic-composites-market-z38105), światowa produkcja kompozytów WPC w 2015 roku wyniosła niemal 3,5 miliona ton, co przy średniej zawartości napełniacza wynoszącej 50% mas., daje 1,75 miliona ton użytych napełniaczy. Dane te pokazują, że wykorzystanie młóta browarnianego, generowanego jedynie w Polsce, do produkcji kompozytów WPC stanowiłoby znaczny wkład w tę gałąź przemysłu.

W swojej pracy Liu i inni (R. Liu, Y. Peng, J. Cao, Y. Chen, *Composites Science and Technology* (2014), 103, 1-7) wskazują, że źródło napełniacza lignocelulozowego ma znaczący wpływ na właściwości kompozytów WPC. Znaczące różnice w strukturze chemicznej oraz polarności komponentów powodują osłabienie oddziaływań międzyfazowych. Jedną z metod zwiększenia intensywności tych oddziaływań jest odpowiednie rozdrobnienie napełniacza, co pozwala na zwiększenie jego powierzchni właściwej. Jest to kluczowe dla osiągnięcia zadowalających właściwości mechanicznych kompozytów.

Obecnie głównym zastosowaniem młóta browarnianego jest żywienie zwierząt. Jako pasza młóto może być wykorzystywane w nieprzetworzonej formie lub uprzednio wysuszone. Według danych literaturowych, młóto browarniane jest bardzo pożywną paszą, zawierającą dużo białka i energii, co powoduje zwiększoną produkcję mleka u krów karmionych paszą zawierającą młóto browarniane – N.G.

Belibasakis, D. Tsirgogianni, *Animal Feed Science and Technology* (1996) 57, 175-181. Spożycie młóta browarnianego było również badane dla innych zwierząt takich jak ryby, świnie czy kurczaki. We wszystkich przypadkach wprowadzenie młóta do diety wpłynęło pozytywnie na żywienie zwierząt.

Podjęmowano również próby wprowadzenia młóta browarnianego do żywienia ludzi, co jest stosunkowo popularnym zabiegiem wśród piwowarów domowych, którzy zużywają wyprodukowane młóto do przygotowywania chleba, ciastek lub różnego rodzaju przekąsek. Jak wspomniano wyżej, młóto browarniane ma wysoką zawartość białka, przekraczającą nawet 20% mas. suchej masy. Przedmiotem badań było wprowadzanie mąki otrzymanej z młóta browarnianego do różnego rodzaju produktów piekarniczych, jednak jej kolor ogranicza jej zastosowanie w jasnych wyrobach - A. Ktenioudaki, V. Chaurin, S. F. Reis, E. Gallagher, *International Journal of Food Science and Technology* (2012) 47, 1765-1771. Zastąpienie jedynie 10% mas. tradycyjnej mąki, mąką z młóta pozwala na podwyższenie zawartości białka w otrzymywanym chlebie nawet o 50% oraz zmniejszenie kaloryczności, ponieważ większość cukrów zawartych w słodach jest wyłukiwana w procesie zacierania. Młóto browarniane jest bardzo tanim źródłem różnych wartości odżywczych, co powoduje, że ma ono duży potencjał w żywieniu ludzi. Podobne efekty obserwowano w przypadku wykorzystania w żywieniu ludzi młóta gorzelnianego - D. J. Wampler, W. A. Gould, *Journal of Food Science* (1984) 49, 1321-1322.

Aby młóto browarniane było wykorzystane w najbardziej efektywny sposób, zarówno w produkcji żywności, jak i w wytwarzaniu kompozytów WPC, konieczne jest jego odpowiednie rozdrobnienie. Z punktu widzenia przemysłu spożywczego, jest to bardzo zasadne, ponieważ ułatwiłoby to wprowadzanie młóta do różnego rodzaju produktów spożywczych. W przypadku produkcji kompozytów, jak wspomniano powyżej, jest to kluczowe dla zapewnienia odpowiednich właściwości mechanicznych materiału.

Dotychczas opublikowano niewiele doniesień związanych z rozdrabnianiem młóta browarnianego. Wiedza w tym temacie opierać

się może na doniesieniach związanych z rozdrabnianiem otrębów różnych zbóż, z uwagi na pewne podobieństwa w strukturze tych materiałów. W praktyce przemysłowej w celu rozdrobnienia tego typu materiałów stosowane są metody periodyczne, które są często dość kosztowne i wymagają dodatkowych operacji jednostkowych. Wadami tych metod są również ograniczona wydajność, związana między innymi z rozmiarami stosowanych urządzeń, oraz problemy z powtarzalnością dotycząca struktury i właściwości poszczególnych partii materiału.

Przykładem może być patent US4377601 opisujący metodę mielenia młóta browarnianego z wykorzystaniem walcarki. W metodzie stosowano walcarkę z firmy Ross Machine and Mill Supply (USA). W celu zwiększenia efektywności mielenia młóta browarnianego zastosowano stosunek prędkości obrotowej walców (frykcję) od 2,5:1 do 4:1, korzystnie 3,5:1, oraz bardzo wąską szczelinę pomiędzy walcami. Następnie w celu oddzielenia łuski, przemiał przesiewano przez sito o wielkości oczek 500 mikronów. W wyniku oddzielenia łuski zwiększono zawartość białka w młócie browarnianym z 25,6% do 34,7%.

W patencie EP0581741 przedstawiono metodę rozdrabniania młóta browarnianego metodami o charakterze periodycznym. Opisano w nim metodę składającą się z dwóch etapów: wysuszenia mokrego młóta browarnianego, tak aby zawierało poniżej 10% mas. wilgoci, zanim pojawią się w młócie niekorzystne produkty jego utleniania; oraz zmniejszenia rozmiaru cząstek młóta browarnianego. Suszenie młóta zgodnie z opisaną metodą składa się z mechanicznego zmniejszenia zawartości wody, poprzez odwirowanie lub korzystnie odcisnięcie, oraz dalszego suszenia z wykorzystaniem suszarek bębnowych, próżniowych, suszarek ze złożem fluidalnym, lub innych. Druga część suszenia powinna rozpocząć się w przeciągu 4 godzin, korzystnie w przeciągu 2 godzin, od pobrania młóta w celu uniknięcia niekorzystnych procesów jego utleniania. Wilgotność produktów suszenia powinna wynosić poniżej 8% mas., korzystnie poniżej 6% mas. Do rozdrabniania produktów suszenia stosuje się komercyjnie dostępne

urządzenia. Zadowalające właściwości materiału otrzymuje się przy zastosowaniu młynów o prędkości obrotowej około 10.000 obrotów na minutę. Stosowane urządzenia powinny zapewnić rozmiar cząstek przemiału poniżej 355 mikronów, korzystnie 200 mikronów.

Korzystne jest więc wykorzystanie w tym celu procesu o charakterze ciągłym, takiego jak wytlaczanie. Proces ten pozwala na dokładne dostosowanie warunków poprzez regulację temperatury na poszczególnych strefach cylindra, regulację wydajności, czasu przebywania materiału w cylindrze oraz zmianę konfiguracji ślimaków.

Wykorzystanie procesu wytłaczania podczas przetwórstwa młota browarnianego, otrębów różnych zbóż lub podobnych materiałów, jest znane, jednak ogranicza się jedynie do formowania gotowego produktu w odpowiedni kształt lub produkcji peletu, często z wykorzystaniem dodatkowych środków pomocniczych. Przykładami mogą być poniżej przywołane patenty.

W patencie US4756921 przedstawiono sposób wytłaczania otrębów z wykorzystaniem wytłaczarki dwuślimakowej. Celem tego procesu było jednak nie rozdrobnienie otrębów, a otrzymanie produktu spożywczego. Proces polegał na wytłaczaniu uprzednio przygotowanej i poddanej obróbce termicznej mieszaniny otrębów zbożowych z syropem, złożonym z wody, cukru, soli i soków owocowych, w temperaturze od 65 do 205°C. W procesie mogą być wykorzystane różne wytłaczarki dwuślimakowe, autorzy jako przykłady podają następujące urządzenia: Baker Perkins MPF-50D, WENGER TX, Werner Pfleiderer's, Baker Perkins MPF80 oraz MPF80-L. Prędkość obrotowa ślimaków powinna wynosić 400 obr./min, a wydajność procesu wynosi od 3,7 do 3,9 kg/min. Produkt końcowy procesu charakteryzuje się gęstością od 240 do 248 kg/m<sup>3</sup>.

W patencie US4837112 przedstawiono sposób wytłaczania otrębów z dodatkiem syropu cukrowego. Proces przebiegał z wykorzystaniem wytłaczarki dwuślimakowej. Podobnie jak w przypadku patentu US4756921, celem procesu było przygotowanie produktu spożywczego. Materiał stanowiący wsad do wytłaczarki składał się z wody (od 25 do 35% mas.), otrębów (od 30 do 70% mas.), cukru (od 10 do 30% mas.) oraz dodatków smakowych (do 10% mas.). Temperatura

procesu wyłaczania nie powinna przekraczać 132°C. W przypadku wyłaczania w temperaturze 84°C, otrzymany produkt charakteryzował się wilgotnością na poziomie 28,1%. Następnie produkt wyłaczania został suszony do zawartości wilgoci 2,5% i charakteryzował się zawartością błonnika wynoszącą około 36% i gęstością wynoszącą 250 kg/m<sup>3</sup>.

W patencie US4500558 opisano metodę modyfikacji otrębów mającą na celu ułatwienie ich dalszego rozdrabniania. W opisanym procesie w roli modyfikatora stosowano wodę, w ilości 1 części wagowej na 5,5-10 części wagowych otrębów. Modyfikację przeprowadzano z wykorzystaniem przeciwbieżnej wyłaczarki dwuślimakowej, w temperaturze od 150 do 180 °C.

W patencie US7695747 opisano metodę produkcji peletu z młóta gorzelnianego

z wykorzystaniem wyłaczarki, który następnie poddawano suszeniu poprzez działanie promieniowania mikrofalowego. Surowcem wejściowym w metodzie jest młóto gorzelniane lub młóto gorzelniane z dodatkami, takimi jak na przykład enzymy. Wilgotność młóta powinna wynosić od 65 do 68% mas. W procesie wykorzystuje się wyłaczarkę dwuślimakową, autorzy jako przykłady podają następujące urządzenia: Leistriz MICRO 27/GL 40D, Leistriz ZSE-27. Temperatura w wyłaczarce powinna wynosić 60 °C, a wilgotność peletu pomiędzy 35 a 40% mas. Autorzy podają przykładowe parametry wyłaczania: wydajność - 11,3 kg/h, prędkość obrotowa ślimaków - 150 obrotów na minutę. Następnie pelet jest suszony z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego. Promieniowanie wykorzystano poprzez użycie kuchenki mikrofalowej (Sharp R-308NR, moc maksymalna - 1100 W, 2 minuty suszenia). Suszenie promieniowaniem mikrofalowym przeprowadza się do momentu osiągnięcia wilgotności peletu od 3 do 40% mas. Pelet otrzymany zgodnie z opisaną metodą charakteryzuje się gęstością od 0,83 do 1,0 g/cm<sup>3</sup>, zawartością białka od 29 do 31% mas., zawartością skrobi od 4,4 do 5,6% mas., zawartością tłuszczu od 11,4 do 13,0% mas., zawartością popiołu od 3,7 do 4,7 % mas.

W patencie EP2457714 opisano metodę produkcji włókien mających służyć jako stabilizator mieszanki asfaltowej z wykorzystaniem między innymi wyłaczarek. Surowcem wejściowym w procesie mogą być różne źródła włókien naturalnych, w tym młóto browarniane. Opisany proces składa się z dwóch głównych etapów: wstępnego rozdrabniania materiału oraz rozdrabniania właściwego. Wilgotność materiału wejściowego do rozdrabniania właściwego powinna wynosić od 30 do 75%, a temperatura podczas rozdrabniania właściwego powinna wynosić od 100 do 150°C. Włókna otrzymane zgodnie z metodą charakteryzują się stosunkiem długości do szerokości mniejszym niż 25, korzystnie mniejszym niż 10. W niektórych przypadkach wprowadzone mogą być kolejne etapy: mielenie na młyńce dyskowym, suszenie materiału czy formowanie peletu.

Brak jednak doniesień wskazujących na wykorzystanie procesu wyłaczania do suszenia, a następnie rozdrabniania młóta browarnianego czy otrębów różnych zbóż.

Przedmiotem wynalazku jest sposób suszenia, a następnie rozdrabniania młóta browarnianego przy użyciu wyłaczarki dwuślimakowej.

Prowadzenie procesu suszenia, a następnie rozdrabniania młóta browarnianego z wykorzystaniem wyłaczarki pozwala na dużą dowolność w sterowaniu właściwościami wyrobu między innymi poprzez regulację temperatury na poszczególnych strefach cylindra, regulację wydajności, czasu przebywania materiału w cylindrze oraz zmianę konfiguracji ślimaków.

Dla wytwarzania produktów spożywczych zgodnie z przedstawianym sposobem istotna jest stosunkowo niska zawartość skrobi i wolnych cukrów w młócie browarnianym, która wynika ze specyfiki procesu zacierania siodu podczas produkcji piwa.

Jednym z parametrów końcowych wyrobu jest jego kolor, który wynika z intensywności zachodzących reakcji karmelizacji oraz reakcji Maillarda. Reakcje te należą do reakcji typu brązowienia nieenzymatycznego i związane są z obecnością skrobi i wolnych cukrów w rozdrabnianym surowcu, a także z oddziaływaniem temperatury oraz sił ścinających działających na materiał podczas wyłaczania.

Skrobia jest znakomitym źródłem wolnych cukrów, które powstają podczas jej hydrolizy. Te właśnie wolne cukry są jednymi z substratów w reakcjach Maillarda, zachodzących pomiędzy grupami karbonylowymi cukrów, a grupami aminowymi białek. W następstwie zachodzących podczas procesu rozdrabniania reakcji Maillarda obserwuje się zmianę koloru wyrobów z młóta browarnianego, oraz zmniejszenie dostępności aminokwasów i obniżenie wartości odżywczej wyrobów z młóta browarnianego. Tak więc odpowiednio dobierając surowiec oraz warunki procesu można sterować kolorem wyrobu końcowego, co stanowi bardzo istotną zaletę z punktu widzenia dalszego zastosowania.

Sposób suszenia i rozdrabniania młóta browarnianego charakteryzuje się według wynalazku tym, że proces prowadzi się w wylączarce dwuślimakowej korzystnie współbieżnej w temperaturze poszczególnych stref grzewczych cylindra wylączarki wynoszącej od 20 do 300°C, korzystnie od 60 do 180°C.

Korzystnie proces prowadzi się z prędkością obrotową od 100 do 300 obr/min. i wydajnością od 1 do 3 kg/h.

Pozostałe parametry, tj. wydajność, szybkość obrotowa ślimaków, konstrukcja układu uplastyczniającego oraz czas przebywania materiału w wylączarce zależne są od parametrów technicznych danego urządzenia, w związku z czym parametry te optymalizowane są doświadczalnie pod kątem otrzymania produktu o pożądanych właściwościach.

Sposób suszenia i rozdrabniania młóta browarnianego, według prezentowanego wynalazku, prowadzony jest przy użyciu wylączarek dwuślimakowych, powszechnie stosowanych w przemyśle tworzyw sztucznych.

Rozdrobnione młóto browarniane, otrzymane sposobem według wynalazku, w zależności od dobranych parametrów procesu ma postać miazgi, pyłu lub granulatu. Różnorodna forma otrzymanych produktów rozdrabniania zwiększa możliwości ich zastosowania w różnych gałęziach przemysłu.

Wynalazek jest bliżej objaśniony w przykładach wykonania.

Przykład I

Wysuszone uprzednio młóto browarniane powstałe podczas produkcji piwa w stylu Biere de Garde, na bazie następującego wsadu: słód pilzneński - 40,5% mas.; słód wiedeński - 32,4% mas.; słód Bohemian Pilsner - 16,2% mas.; słód Carabelge - 6,5% mas.; słód Special B - 3,2% mas.; słód Cara Crystal - 1,2% mas.; poddano termomechanicznej obróbce we współbieżnej wyciśnarce dwuślimakowej Zamak EHP 2x20 Sline. Temperatura wszystkich stref cylindra wynosiła 120°C, szybkość obrotowa ślimaków 100 obrotów na minutę, a wydajność procesu 1,8 kg/h. Otrzymano produkt o gęstości nasypowej 395 kg/m<sup>3</sup> oraz zawartości poszczególnych mikro- i makroelementów, wyznaczonej z zastosowaniem techniki fluorescencji rentgenowskiej, przedstawionej w tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość mikro- i makroelementów w rozdrobnionym młócie browarnianym

Składnik	Zawartość
	ć
P	0,47 %
Si	0,35 %
K	0,23 %
Ca	0,22 %
Mg	0,21 %
S	0,19 %
Cl	0,04 %
Fe	0,01 %
Zn	70 PPM

#### Przykład II

Wysuszone uprzednio młóto browarniane powstałe podczas produkcji piwa w stylu Weizenbier, na bazie następującego wsadu: słód pszeniczny jasny - 68,2% mas.; słód pilzneński - 22,7% mas.; otręby pszenne - 5,7% mas.; łuska gryczana - 3,4% mas.; poddano termomechanicznej obróbce we współbieżnej wyciśnarce dwuślimakowej Zamak EHP 2x20 Sline. Temperatura wszystkich stref cylindra wynosiła 120°C, szybkość obrotowa ślimaków 100 obrotów na minutę, a wydajność procesu 1,8 kg/h. Otrzymano produkt o gęstości nasypowej 405 kg/m<sup>3</sup>.

## Przykład III

Wysuszone uprzednio młóto browarniane powstałe podczas produkcji piwa w stylu Christmas Ale, na bazie następującego wsadu: sład pszeniczny jasny - 37,3% mas.; sład monachijski II - 22,4% mas.; sład pilzneński - 19,4% mas.; sład Biscuit - 6,7% mas.; sład Carawheat - 6,7% mas.; sład pszeniczny czekoladowy - 3,7% mas.; sład Special B - 3,7% mas.; poddano termo-mechanicznej obróbce we współbieżnej wytlaczarce dwuślimakowej Zamak EHP 2x20 Sline. Temperatura wszystkich stref cylindra wynosiła 120°C, szybkość obrotowa ślimaków 100 obrotów na minutę, a wydajność procesu 1,8 kg/h. Otrzymano produkt o gęstości nasypowej 417 kg/m<sup>3</sup>, a w tabeli 2 przedstawiono wyniki analizy elementarnej produktu.

Tabela 2. Zawartość poszczególnych pierwiastków w rozdrobnionym młócie browarnianym

Pierwiastek	Zawartość, % mas.
C	45,01
H	5,19
N	2,88

## Przykład IV

Suche młóto browarniane pochodzące z produkcji jasnego lagera rozdrabniano z wykorzystaniem współbieżnej wytlaczarki dwuślimakowej Zamak EHP 2x20 Sline. Temperatura wszystkich stref cylindra wynosiła 60°C, szybkość obrotowa ślimaków od 150 do 300 obrotów na minutę, a wydajność procesu 3 kg/h. Otrzymano produkt o gęstości nasypowej w przedziale 388-428 kg/m<sup>3</sup>. W wyniku rozdrobnienia młóta zaobserwowano wzrost zawartości azotu z 2,83 do 3,67%. W tabeli 3 przedstawiono wyniki przeprowadzonej analizy sitowej.

Tabela 3. Rozmiar cząstek rozdrobnionego młóta browarnianego

Rozmiar cząstek, mm	Prędkość obrotowa ślimaków, 1/min		
	150	225	300
	Zawartość frakcji, %mas.		
>1,02	37,7	38,3	39,2
0,76-1,02	12,8	13,0	12,4
0,51-0,75	5,7	5,2	5,9
0,26-0,50	22,0	23,1	23,5

0,13-0,25	14,4	14,4	13,0
<0,13	7,3	5,9	6,0

## Przykład V

Suche młóto browarniane pochodzące z produkcji jasnego lagera rozdrabniano z wykorzystaniem współbieżnej wyłaczarki dwuślimakowej Zamak EHP 2x20 Sline. Temperatura wszystkich stref cylindra wynosiła 180°C, szybkość obrotowa ślimaków od 150 do 300 obrotów na minutę, a wydajność procesu 3 kg/h. Otrzymano produkt o gęstości nasypowej w przedziale 339-368 kg/m<sup>3</sup>. W wyniku rozdrobnienia młóta zaobserwowano wzrost zawartości azotu z 2,83 do 3,79%. Ponadto, przeprowadzenie procesu rozdrabniania w wymienionych warunkach spowodowało zmianę koloru materiału. Parametry dotyczące zmiany barwy (według przestrzeni barw CIELab) przedstawiono w tabeli 4. Ponadto, w tabeli 5 przedstawiono wyniki przeprowadzonej analizy sitowej.

Tabela 4. Rozmiar cząstek rozdrobnionego młóta browarnianego

Parametr	Materiał wejściowy	Prędkość obrotowa ślimaków, 1/min		
		150	225	300
L*	48,17	37,38	47,23	49,74
a*	5,11	7,29	7,68	7,18
b*	13,04	12,02	15,23	15,42
ΔE	-	11,05	3,50	3,53

Tabela 5. Rozmiar cząstek rozdrobnionego młóta browarnianego

Rozmiar cząstek, mm	Prędkość obrotowa ślimaków, 1/min		
	150	225	300
	Zawartość frakcji, %mas.		
>1,02	29,1	6,7	2,0
0,76-1,02	11,6	7,5	2,5
0,51-0,75	4,6	2,8	3,4
0,26-0,50	22,0	28,7	30,7
0,13-0,25	26,6	38,1	41,5
<0,13	6,0	16,1	19,5

## Przykład VI

Młóto browarniane pochodzące z produkcji jasnego suszono oraz rozdrabniano z wykorzystaniem współbieżnej wyłaczarki dwuślimakowej Zamak EHP 2x20 Sline. Temperatura wszystkich stref

cyindra wynosiła 120°C, szybkość obrotowa ślimaków 150 obrotów na minutę, a wydajność procesu 1 kg/h. Przed procesem młóto charakteryzowało się wilgotnością wynoszącą 74% mas. Otrzymano produkt o wilgotności wynoszącej 14% mas. oraz gęstości nasypowej 448 kg/m<sup>3</sup>.