

# Bezalkoholowe – jakie to proste

**Mateusz Jackowski**

Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii Bioprocusowej, Mikro- i Nanoinżynierii  
e-mail: mateusz.jackowski@pwr.edu.pl

Piwo to obecnie trzeci najpopularniejszy napój na świecie po wodzie i herbacie. Według danych Eurostatu w 2019 r. w krajach Unii Europejskiej wyprodukowano 34 mld l piwa alkoholowego oraz około 1,4 mld l piwa o zawartości alkoholu poniżej 0,5%. Dodatkowo Polska została drugim po Niemczech największym producentem piwa w Unii Europejskiej [1]. W Europie, w tym również w Polsce, można zaobserwować trend odchodzenia od napojów wysokoalkoholowych na rzecz słabszych trunków. Dobrym przykładem jest krajowy rynek piwa bezalkoholowego, który stale rośnie osiągając 5,7% rynku w 2020 r. Dla porównania w 2019 r. segment piw bezalkoholowych stanowił zaledwie 4,7% rynku [2]. W ciągu ostatnich siedmiu lat spożycie piwa w Polsce per capita wynosiło około 100 l rocznie i ten wynik utrzymuje się na w miarę stałym poziomie [3, 4]. Można zatem wnioskować, że popularność tego napoju będzie cieszyła się stałą popularnością, zaś zmieniać się upodobania konsumentów, którzy coraz częściej będą sięgać po piwa nisko- i bezalkoholowe. W poniższym artykule zostaną przedstawione wybrane metody produkcji piwa o obniżonej zawartości alkoholu wraz z omówieniem ich silnych i słabych stron.

W Europie normy zawartości alkoholu dla piw bezalkoholowych mogą się różnić od 0,5% alkoholu objętościowo do nawet 1,2%,



którą to wartość dopuszcza prawodawstwo francuskie [5]. W Rzeczypospolitej Polskiej zawartość alkoholu w omawianym napoju reguluje Ustawa o podatku akcyzowym, która ustala maksymalną zawartość alkoholu w piwie bezalkoholowym na 0,5% alkoholu etylowego objętościowo [6]. Na sklepowych półkach dominują piwa o zawartości alkoholu na poziomie 4–5%. Wyzwaniem jest stworzenie produktu o zawartości etanolu dopuszczonej przez prawo, który jednocześnie będzie miał smak jak najmniej odbiegający od swojego alkoholowego odpowiednika. Ten cel można osiągnąć na dwa sposoby. Pierwszy z nich polega na ingerencji w biochemię procesu, przede wszystkim na etapie zacierania i fermentacji, aby nie dopuścić do powstania etanolu w ilościach większych niż założone. Druga metoda zakłada usunięcie etanolu z gotowego produktu. W tym wypadku stosuje się dodatkowe operacje jednostkowe mające na celu usunięcie etanolu z piwa.

Standardowy proces produkcji piwa polega na ześrutowaniu słoju i surowców niesłodowanych, zmieszaniu ich z wodą i podgrzaniu do temperatur optymalnych dla aktywności enzymów hydrolytycznych zawartych w słodzie. Najważniejszymi z temperatur są te z zakresu 60–75 °C. W temperaturze 63 °C największą aktywność wykazuje  $\beta$ -amylaza, która rozcina co drugie wiązanie  $\alpha$ -1,4-glikozydowe w cząsteczce skrobi uwalniając cząsteczki maltozy, które są jednym z głównych cukrów obecnych w brzeczce. W temperaturze około 73 °C przypada optimum temperaturowe  $\alpha$ -amylazy, która rozcina cząsteczki skrobi w losowych miejscach. Zacieranie kończy się zazwyczaj podgrzaniem mieszaniny do 78 °C w celu inaktywacji enzymów, po czym oddziela się filtrat bogaty w cukry od wysłodzin. Tak otrzymaną brzeczkę gotuje się z chmielem w celu jej sterylizacji oraz dodaniu goryczki i aromatu. W kolejnym kroku nachmielona brzeczka ulega schłodzeniu i dodaje się do niej drożdże, które przeprowadzają fermentację cukrów obecnych w roztworze, produkując etanol, wyższe alkohole oraz dwutlenek węgla [7].

## Biologiczne metody produkcji piwa o obniżonej zawartości alkoholu

Podczas produkcji piwa pierwsze zmiany w celu zmniejszenia stężenia alkoholu w gotowym produkcie można poczynić na etapie zacierania. W tym etapie decydujemy jak dużo cukrów oraz jakich będzie obecne w brzeczce, którą podda się fermentacji. Po pierwsze zawartość cukrów można regulować poprzez skład ilościowy i jakościowy surowców użytych do produkcji brzeczki. Na tym etapie warto pamiętać, że słoć monachijski lub palony jest dużo mniej aktywny biologicznie od jasnych słoów pilzneńskich lub pale ale. Co za tym idzie, tego typu słoje dostarczą mniejszą ilość enzymów do brzeczki [8, 9]. Dodatkowo użycie niesłodowanej pszenicy lub jęczmienia również zwiększy ekstrakt zacieru jednocześnie zmniejszając ilość cukrów, które będą mogły być przefermentowane przez drożdże. W celu dalszej redukcji cukrów dostępnych dla drożdży warto prze-

prowadzić zacieranie w temperaturach nieoptymalnych dla działania enzymów obecnych w słodzie. Pierwszym sposobem jest zacieranie w wysokiej temperaturze 75–80 °C. Wtedy beta amylazy ulegają dezaktywacji, zaś alfa amylazy nadal wykazują część swojej aktywności. Dzięki takiemu zabiegowi ilość cukrów fermentowalnych przez drożdże spada do około 25% w porównaniu do tradycyjnego zacierania. Drugie podejście do zmniejszenia ilości cukrów w brzeczce jest całkowitym przeciwieństwem właśnie opisanej metody, a mianowicie polega na tym, że zacieranie prowadzi się w temperaturze poniżej 60 °C dzięki czemu enzymy wykazują tylko szczątkową aktywność, co z kolei skutkuje niewielką zawartością fermentowalnych cukrów w brzeczce [10, 11].

Zmiany w zacieraniu to prosta metoda produkcji piw o obniżonej zawartości alkoholu, która nie wymaga dodatkowych inwestycji. Niestety nie jest ona idealna, gdyż pozwala tworzyć głównie lekkie i delikatne piwa. Dodatkowo możliwe jest pojawienie się słodkiego posmaku piw uwarzonych tą metodą, głównie za sprawą cukrów, które nie mogły być zmetabolizowane przez drożdże.

Kolejnym podejściem jest ingerencja w proces fermentacji. Najprostszym sposobem produkcji piwa o obniżonej zawartości alkoholu jest przerwanie procesu fermentacji, zanim w fermentującej brzeczce poziom etanolu przekroczy zakładany poziom. Fermentację można zatrzymać poprzez odwirowanie drożdży, pasteryzację piwa lub jego szybkie schłodzenie do 0 °C. Taka metoda produkcji piwa bezalkoholowego jest wprawdzie prosta i nie wymaga dodatkowej aparatury, niemniej niedofermentowane piwo charakteryzuje się brzeczkowym posmakiem. Częściowo można zamaskować ten smak poprzez dłuższe leżakowanie i stosowanie w zasypie słodów ciemnych i zakwaszających, niestety nawet te zabiegi nie pozwalają w pełni zniwelować niedoskonałości wynikających z przerwanej fermentacji [12].

Ciągła fermentacja to proces polegający na przepływie brzeczki przez złożę z immobilizowanymi drożdżami. Immobilizacji najczęściej dokonuje się na DEAE-celulozie, wiórach drzewnych, jak i na wysłodzinach – przede wszystkim ze względu na ich niską cenę i dużą dostępność w browarach. Sam proces niesie ze sobą pewne trudności, gdyż trzeba dobrać nośnik do immobilizacji oraz parametry przepływu brzeczki. Zazwyczaj zakładają one kontakt brzeczki z immobilizowanym złożem w czasie od 1 do 12 godzin. Ponadto w celu właściwego tworzenia się estrów i wyższych alkoholi należy zadbać o delikatne napowietrzanie złoża. Dodatkowo pozytywnie na proces wpływa immobilizowanie bakterii kwasu mlekowego przed immobilizowanymi drożdżami, co zapewnia delikatne zakwaszenie brzeczki, powodujące zwiększone tworzenie wyższych alkoholi i estrów odpowiedzialnych za aromat gotowego piwa bezalkoholowego. Badania wykazały, że piwo bezalkoholowe uzyskiwane metodą ciągłej fermentacji nie odstaje zbytnio pod względem walorów smakowych od komercyjnie produkowanych piw bezalkoholowych. Na chwilę obecną na świecie funkcjonują dwie przemysłowe instalacje wykorzystujące metodę ciągłej fermentacji [13, 14]. Niestety zastosowanie tej metody wymaga budowy zupełnie nowej linii do fermentacji. Dodatkowo wymagana jest ciągła kontrola parametrów procesu w każdym fermentorze, co przy większej skali produkcji może być kosztowne i problematyczne. Obsługa tego typu kadzi fermentacyjnych wymaga znacznie wyższej kultury technicznej niż tradycyjnych kadzi fermentacyjnych.



www.jmreurope.eu  
email: jmr@ceti.pl  
kom.: 601 424 429

Fermentacja etanolowa przeprowadzana jest przez drożdże *S. cerevisiae* lub *S. pastorianus*, niemniej do produkcji piwa niskalkoholowego można wykorzystać inne szczepy drożdży. Jednym z przykładów jest *Saccharomyces ludwigii*, który nie jest w stanie fermentować maltozy oraz maltotrioz, czyli głównych cukrów obecnych w brzeczce piwnej [15]. Kolejnym szczepem o podobnych właściwościach jest *Torulasporea delbrueckii*, z tym że ten szczep wykorzystuje się jak drożdże górnej fermentacji. Użycie tego typu drożdży jest proste do wykonania i nie wymaga dodatkowych nakładów inwestycyjnych, niestety obecność maltozy może skutkować słodkim smakiem gotowego produktu [16]. Ponadto maltoza jest idealnym środowiskiem do rozwoju mikroorganizmów odpowiedzialnych za zakażenie piwa, dlatego też należy stosować bardzo rygorystyczny reżim sanitarny podczas chłodzenia brzeczki, zadawania drożdżami, jak i fermentacji.

### Metody usuwania etanolu z gotowego produktu

Alkohol etylowy jest niewielką cząsteczką organiczną zbudowaną z dwóch atomów węgla i reszty hydroksylowej. Związek ten powstaje podczas fermentacji etanolowej, poza nim drożdże produkują wiele innych wyższych alkoholi, które odpowiadają za bukiet aromatyczny gotowego piwa. Niestety często są to związki o podobnej wielkości cząstek, jak i o zbliżonych właściwościach fizykochemicznych, przez co selektywne usunięcie etanolu stanowi znaczne wyzwanie.



Perwaporacja jest to technika, które wiąże ze sobą trzy mechanizmy separacji: adsorpcji separowanego składnika na membranie, jego dyfuzję przez materiał membrany oraz desorpcję. Ostatni etap wiąże się z pracą pod obniżonym ciśnieniem, a tym samym odbiorem permeatu w formie gazowej. Zdolność danego składnika (w tym



przypadku etanolu) do przechodzenia przez membranę perwaporacyjną jest ściśle związana z jego ciśnieniem cząstkowym oraz selektywnością membrany. Z racji faktu, że jest to proces wykorzystujący właściwości lotne separowanych składników, poza samym alkoholem do permeatu mogą przejść inne, często wpływające na odpowiednią jakość piwa aromaty. Wyniki badań pokazały, że za pomocą

perwaporacji można otrzymać akceptowalnej jakości piwo bezalkoholowe [17, 18], niestety tego typu instalacje są drogie oraz stosunkowo mało wydajne. Dodatkowo produkt musi zostać poddany mikrofiltracji przed wprowadzeniem go do modułu perwaporacyjnego.

Odparowanie prowadzone jest w wyparkach z tzw. spadającym filmem. Im wyższa temperatura, tym większy stopień redukcji alkoholu, ale jednocześnie większa strata cennych związków aromatycznych, np. przy redukcji zawartości etanolu z poziomu 5,0% do 0,5% v/v stężenie wyższych alifatycznych alkoholi stanowi jedynie 6% w stosunku do początkowej ilości, natomiast związki ogólnie niekorzystnie wpływające na smak produktu takie jak: siarczek dimetylu czy diacetyl są w pełni usuwane z gotowego piwa [19].

Bardziej kontrolowane odparowanie piwa, prowadzące do pewnego rodzaju rozfrakcjonowania alkoholu i aromatów ma miejsce na kolumnach rektyfikacyjnych, na których dochodzi do wielokrotnego odparowania i skraplania. Niewątpliwą zaletą tego procesu jest możliwość odebrania jedynie frakcji alkoholowej oraz frakcji zawierającej tylko pewną grupę składników. Dodatkowo prowadząc proces pod obniżonym ciśnieniem można odseparować etanol od piwa w temperaturach poniżej 50 °C [20, 21]. Niewątpliwą zaletą tej metody jest jej powszechne zastosowanie. W Europie od ponad 20 lat produkuje się piwo bezalkoholowe metodą rektyfikacji próżniowej. Obecnie działa kilkanaście tego typu instalacji, z czego pionierem w ich produkcji jest firma Schmidt (www.sigmatec.eu). Obsługa tego typu urządzeń jest stosunkowo prosta, zaś piwo przed dealkoholizacją musi być wyłącznie odgazowane. Nie ma konieczności jego uprzedniej filtracji. Pewnym mankamentem tego typu rozwiązania mogą być znaczne koszty inwestycyjne w linię do dealkoholizacji piwa, niemniej otrzymany produkt będzie się cechował parametrami bardzo zbliżonymi do standardowego piwa, zaś proces rektyfikacji próżniowej nie wpływa w znaczący sposób na jakość produktu.

Rynek piwa bezalkoholowego w Polsce i Europie stale rośnie, zaś tego typu produkt zyskuje coraz większą popularność. Już teraz większe browary wprowadzają tego typu produkty do swojej oferty. Najłatwiejszymi metodami otrzymania piwa bezalkoholowego są metody biologiczne, jednak wiążą się one z pewnymi niedoskonałościami, przez co bardzo trudno jest osiągnąć produkt porównywalny z alkoholowym odpowiednikiem. Najskuteczniejsze metody polega-

ją na usunięciu etanolu z gotowego produktu, niestety tutaj trzeba się liczyć z dodatkowymi kosztami inwestycyjnymi i rozbudową instalacji browaru. Bez względu na obraną strategię warto już teraz podjąć walkę o prężnie rozwijający się segment piw bezalkoholowych.

## Literatura

- [1] "Happy International Beer Day!," 2020. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/EDN-20200807-1>. [Accessed: 23-Jul-2021].
- [2] "Branża piwowarska na minusie w 2020 roku. Najwięcej tracą piwa mocne, najszybciej zyskują bezalkoholowe," *Kierunek Spożywczy*, 2021. [Online]. Available: <https://www.kierunekspozycy.pl/artukul,82438,branza-piwowarska-na-minusie-w-2020-roku-najwiecej-traca-piwa-mocne-najszybciej-zyskuja-bezalkoholowe.html>. [Accessed: 24-Jul-2021].
- [3] The Brewers of Europe, "European Beer Trends - Statistics Report | 2020 Edition," *Eur. Beer Trends*, pp. 1–36, 2021.
- [4] The Brewers of Europe, "European Beer Trends - Statistics Report | 2019 Edition," *Eur. Beer Trends*, p. 36, 2020.
- [5] M. Müller, K. Bellut, J. Tippmann, and T. Becker, "Physical Methods for De-alcoholization of Beverage Matrices and their Impact on Quality Attributes," *ChemBioEng Rev.*, no. 5, pp. 310–326, 2017.
- [6] *Art. 94 pkt 1 Ustawy o podatku akcyzowym (Dz.U. z 2017 r. poz. 43)*. Poland.
- [7] M. Lewis and T. Young, *Piwowarstwo*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., 2001.
- [8] J. Mallet, *Malt A practical guide from field to brewhouse*. Boulder: Brewers Publications, 2014.
- [9] S. Kreis, "Malting," in *Handbook of Brewing Processes, Technology, Markets*, H. M. Eßlinger, Ed. Weinheim: WILEY-VCH, 2009, pp. 147–164.
- [10] R. Muller, "the Effects of Mashing Temperature and Mash Thickness on Wort Carbohydrate Composition," *J. Inst. Brew.*, vol. 97, no. 2, pp. 85–92, 1991.
- [11] K. Ivanov, I. Petelkov, V. Shopaska, R. Denkova, V. Gochev, and G. Kostov, "Investigation of mashing regimes for low-alcohol beer production," *J. Inst. Brew.*, vol. 122, no. 3, pp. 508–516, 2016.
- [12] D. Mangindaan, K. Khoiruddin, and I. G. Wenten, "Beverage dealcoholization processes: Past, present, and future," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 71, no. June 2017, pp. 36–45, 2018.
- [13] A. Mota *et al.*, "Formation of flavor-active compounds during continuous alcohol-free beer production: The influence of yeast strain, reactor configuration, and carrier type," *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, vol. 69, no. 1, pp. 1–7, 2011.
- [14] R. Lehnert, P. Novák, F. Macieira, M. Kuøec, J. A. Teixeira, and T. Brányik, "Optimisation of lab-scale continuous alcohol-free beer production," *Czech J. Food Sci.*, vol. 27, no. 4, pp. 267–275, 2009.
- [15] M. J. Callejo *et al.*, "Wort fermentation and beer conditioning with selected non-Saccharomyces yeasts in craft beers," *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 245, no. 6, pp. 1229–1238, 2019.
- [16] L. Canonico, A. Agarbati, F. Comitini, and M. Ciani, "Torulaspora delbrueckii in the brewing process: A new approach to enhance bioflavour and to reduce ethanol content," *Food Microbiol.*, vol. 56, pp. 45–51, 2016.
- [17] Á. Del Olmo, C. A. Blanco, L. Palacio, P. Prádanos, and A. Hernández, "Pervaporation methodology for improving alcohol-free beer quality through aroma recovery," *J. Food Eng.*, vol. 133, pp. 1–8, 2014.
- [18] A. Tgarguifa, S. Abderafi, and T. Bounahmidi, "Energy efficiency improvement of a bioethanol distillery, by replacing a rectifying column with a pervaporation unit," *Renew. Energy*, vol. 122, pp. 239–250, 2018.
- [19] M. Jackowski and A. Trusek, "Non-Alcoholic beer production-an overview," *Polish J. Chem. Technol.*, vol. 20, no. 4, 2018.
- [20] L. Cloninger, "Alcohol determination of malt-based beverages by rapid distillation," *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, vol. 76, no. 1, pp. 21–23, 2018.
- [21] C. Andrés-Iglesias, C. A. Blanco, J. García-Serna, V. Pando, and O. Montero, "Volatile Compound Profiling in Commercial Lager Regular Beers and Derived Alcohol-Free Beers After Dealcoholization by Vacuum Distillation," *Food Anal. Methods*, vol. 9, no. 11, pp. 3230–3241, 2016.