

Biologiczne metody produkcji piwa o obniżonej zawartości alkoholu

Biological methods for production of low alcohol beers

mgr inż. Krystian Klimczak, dr hab. inż. Monika Cioch-Skoneczny, dr hab. inż. Aleksander Poreda, prof. URK

Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Słowa kluczowe: piwo bezalkoholowe, drożdże specjalne, metody biologiczne

Keywords: non-alcoholic beer, special yeast, biological methods

In recent years, alcohol-free and reduced-alcohol beers have become increasingly popular with consumers. One of the main challenges in the production of such beers is to achieve the desired sensory characteristics, such as fullness of flavour and aroma. The article presents the advantages and disadvantages of the most important biological methods used for obtaining reduced-alcohol/alcohol-free beers: continuous fermentation, arrested fermentation and low-temperature fermentation, altered mashing and the use of special yeast strains. In particular, the last solution is interesting because of its ease of implementation. The lack of maltose fermentation by the selected strains allows to obtain low alcohol levels.

W ostatnich latach piwa bezalkoholowe i o obniżonej zawartości alkoholu zdobywają coraz większą popularność wśród konsumentów. Jednym z głównych wyzwań produkcji takich napojów jest uzyskanie pożądaných cech sensorycznych, m. in. pełni smaku i aromatu. Artykuł przedstawia zalety i wady najważniejszych rozwiązań technologicznych stosowanych do otrzymywania piw o obniżonej zawartości alkoholu/bezalkoholowych: fermentacji ciągłej, wstrzymanej fermentacji i fermentacji prowadzonej w obniżonej temperaturze, zmodyfikowanego zacierania oraz wykorzystania specjalnych szczepów drożdży – zwłaszcza ostatnie rozwiązanie jest interesujące ze względu na łatwość jego wdrożenia. Brak fermentacji maltozy przez wybrane szczepy pozwala uzyskać niski poziom alkoholu w piwach.

Wstęp

W ostatnich latach na rynku piwowarskim obserwuje się coraz większą różnorodność produktów. Konsumenty przykładają dużą uwagę do ich jakości, co jest czynnikiem napędzającym te zmiany. Obecnie ma miejsce kolejna rewolucja w browarnictwie, która dotyczy piw bezalkoholowych oraz o obniżonej zawartości alkoholu (dalej w artykule nazywanych no-lo – no alcohol-low alcohol). Wśród przyczyn takiego zjawiska wymienić można m. in. uwarunkowania prawne dotyczące prowadzenia pojazdów mechanicznych, względy religijne czy zdrowotne [1, 2].

Produkcja piw o obniżonej zawartości alkoholu zdecydowanie nie jest nowym trendem. W czasie I i II wojny światowej napoje takie wytwarzane były m. in. poprzez fermentację brzojki o obniżonym ekstrakcie. W przypadku metod fizycznych, już w 1916 r. Becker i Montgomery opatentowali parownik, który umożliwiał oddzielenie alkoholu z piwa. Jednak przez wiele lat napoje te nie były szczególnie popularne. Dopiero w ostatnich latach stały się istotną częścią rynku. Dla przykładu, w 2019 r. piwa bezalkoholowe (zawierające do 0,5% alkoholu objętościowo) stanowiły 3,8% piw dostępnych na europejskim rynku [3]. W ujęciu globalnym w porównaniu z Europą piwa bezalkoholowe są nieznacznie mniej popularne, w 2022 r. stanowiły 3% rynku piw. Uważa się jednak obecnie, że ta gałąź piwowarstwa będzie tylko umacniać swoją pozycję na rynku [4]. Należy zwrócić uwagę, że trend obniżania zawartości alkoholu i produkcji zdrowszych napojów jest

kierunkiem, w którym podąża obecnie cały przemysł. Jako przykład można podać przemysł winiarski, który podobnie poszukuje sposobów na obniżenie zawartości alkoholu w winach [5, 6].

Omawiając piwa no-lo, należy zwrócić również uwagę na brak jednoznacznej terminologii w krajach Unii Europejskiej. Piwo bezalkoholowe jest określeniem powszechnie rozpoznawanym przez konsumentów. Jednak, w zależności od kraju, definiowane jest ono w różny sposób. W przypadku Polski i większości krajów przyjmuje się, że piwa takie powinny zawierać maksymalnie 0,5% alkoholu objętościowo. Wyjątkami mogą być Włochy i Francja, gdzie dopuszczalny jest wyższy poziom alkoholu (1,2% obj.) w tych napojach. Z kolei w Finlandii piwo takie może zawierać aż 2,8% obj. W przypadku definicji piwa o obniżonej zawartości alkoholu sytuacja wygląda znacznie gorzej, ponieważ termin ten nie jest zdefiniowany w większości krajów członkowskich UE, również i w Polsce. Mimo że kwestie legislacyjne wydają się nie leżeć w obszarze zainteresowania technologów żywności, wprowadzenie takiej kategorii byłoby korzystne, zarówno dla konsumentów, jak i producentów.

Problemem, który dotyczy już bezpośrednio samych produktów, są często nieodpowiednie walory smakowe. Piwa no-lo charakteryzują się niekiedy niepożądanymi cechami sensorycznymi, takimi jak brak pełni smaku, obecność aromatów brzojkowych lub też nadmierna słodycz. Nasilenie tych wad jest zazwyczaj tym większe im mniejsza jest zawartość alkoholu, przez co dotyczą one głównie piw bezalkoholowych. Należy nadmienić, że nieodpowiednie cechy sensoryczne nie zawsze są wyczuwalne przed samym spożyciem, a mogą ujawnić się w trakcie konsumpcji. Ramsey i in. [2020] donoszą o braku różnic w aromacie piw o zawartości 5% i 0% obj. alkoholu. Jednak po spożyciu piwa bezalkoholowe odczuwane były jako bardziej słodowe, o zmniejszonym aromacie owocowym, mniejszej słodyczy i pełni smaku [7].

Wystąpienie oraz nasilenie tych wad powiązane jest z metodą, która została użyta do wyprodukowania takiego napoju. Założeniem wszystkich technik produkcji piw no-lo jest obniżenie zawartości alkoholu w gotowym produkcie. Niestety, końcowo otrzymuje się napój często pozbawiony również związków lotnych. Jednocześnie sam etanol jest bardzo istotny dla smaku piwa. Oddziałuje on na lotność substancji aromatycznych, ma swój charakterystyczny smak oraz zapewnia charakterystyczne odczucia przy konsumpcji napoju. Odpowiedzialny jest również za nadawanie piwu specyficznej pełni smaku, czyli tzw. ciała. Z tego powodu piwa bezalkoholowe mogą często wydawać się „puste” w smaku [8, 9, 10].

Produkcja piwa no-lo związana jest z wieloma trudnościami w aspekcie uzyskania napoju o pożądaných cechach sensorycznych. Jednym z najprostszych sposobów obniżenia zawartości etanolu w piwie jest

rozcieńczenie go lemoniadą, w wyniku czego uzyskuje się tzw. radlery. Tego typu napoje stały się bardzo popularne kilka lat temu. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest fakt, że dodany surowiec maskuje ewentualne wady sensoryczne. Jednak metoda ta nie oddziela w żaden sposób alkoholu, lecz jedynie go rozcieńcza. Poniżej przedstawiono techniki, w których alkohol zostaje oddzielony od piwa [8, 11].

Metody produkcji piwa bezalkoholowego/ niskoalkoholowego

Metody pozwalające na uzyskanie piwa no-lo mogą zostać podzielone na dwie szerokie kategorie, które przedstawiono na rys. W niektórych przypadkach możliwe jest połączenie dwóch technik, w celu uzyskania produktu o bardziej pożądanym parametrach [12]. Schemat przedstawia najważniejsze obecnie stosowane metody produkcji piw no-lo.

Metody fizyczne polegają na wyprodukowaniu piwa o standardowej zawartości alkoholu oraz oddzieleniu go na samym końcu procesu produkcyjnego. Zdecydowanie największym problemem tych technik jest wysoki koszt aparatury, na który małe zakłady nie mogą sobie pozwolić. Dodatkowo, procesy te nie są w pełni selektywne – oprócz usuwania etanolu oddzielone zostają również inne małe cząsteczki warunkujące aromat i smak napoju. Dla przykładu, straty alkoholi wyższych i estrów w przypadku zastosowania metod fizycznych mogą wynosić odpowiednio 33–98% i 78–99%. W związku z tym w technikach polegających na odparowaniu alkoholu możliwe jest zastosowanie skraplaczy, które mogą skondensować związki lotne. Taki kondensat może zostać z powrotem dodany do piwa, poprawiając jego aromat [8, 11].

Metody biologiczne skupiają się z kolei na bezpośrednim uzyskaniu piwa o obniżonej zawartości alkoholu, bez jego oddzielenia. Zazwyczaj (poza fermentacją ciągłą) są to techniki tańsze oraz prostsze do wdrożenia w browarach. Należy jednak pamiętać, że piwa uzyskane za pomocą większości metod biologicznych muszą zostać spasteryzowane, aby zapewnić ich bezpieczeństwo oraz stabilność mikrobiologiczną [11]. Jest to związane z jedynie częściowym zużyciem przez drożdże cukrów występujących w brzeczce. Standardowa brzeczka piwowarska składa się w 10–15% z glukozy, 50–60% z maltozy i 15–20% z maltotriozy. Wyprodukowanie niewielkiego stężenia alkoholu będzie jednoznaczne z pozostawieniem w piwie znacznej ilości cukrów, co często skutkuje nadmierną słodyczą takiego napoju. Powstały produkt o niewielkiej zawartości alkoholu stanowi jednocześnie bardzo dobre środowisko do rozwoju różnego rodzaju mikroorganizmów. Ponadto, w takich piwach często identyfikowane są niewłaściwe cechy aromatu [15]. W przypadku metod biologicznych istotnym problemem jest fakt niedostatecznej redukcji związków nadających aromaty brzeczkowe (głównie aldehydów) oraz podobnie jak w przypadku metod fizycznych, często stosunkowo niska zawartość alkoholi wyższych i estrów [8, 13, 16, 17]. Poniżej przedstawiono główne metody produkcji takiego piwa.

Fermentacja ciągła

Fermentacja ciągła to proces mikrobiologiczny ze stałym przepływem brzeczki przez bioreaktor. Ze względu na stosunkowo krótki czas kontaktu brzeczki z biomasą uzyskuje się jedynie częściowe odfermentowanie zawartych w niej cukrów, co przekłada się na mniejsze stężenie alkoholu. Niestety sam proces jest trudny do kon-

BIOCHEM-ART

NIEZAWODNY PARTNER PIWOWARA EFEKTYWNOŚĆ, JAKOŚĆ, SMAK, AROMAT

Ekstrakty piwne słodowe

PureMalt

Ekstrakty chmielowe

Totally Natural Solutions

Enzyme

DSM

Konsulting i wdrożenia

Doradztwo
i szkolenia

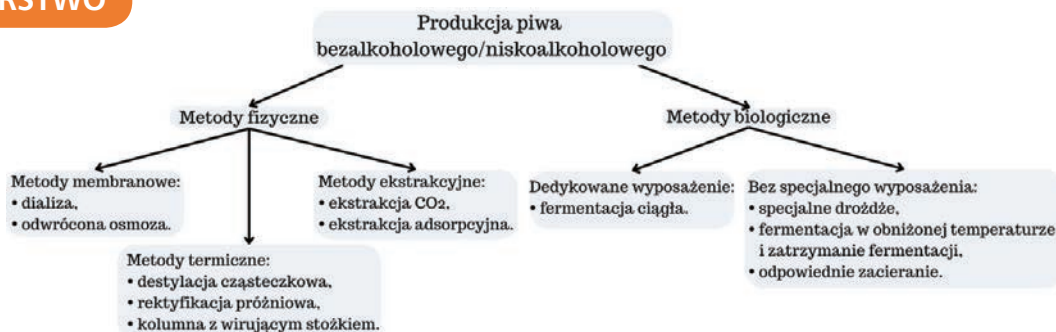
Dodatki funkcjonalne

Murphy & Son

(+48) 730 145 688

biochem-art.pl

biuro@biochem-art.pl



Rys. Wybrane metody produkcji piw no-lo [13,14]

- trolowania, przez co uzyskanie odpowiedniego profilu aromatycznego piwa jest problematyczne. Dostępne publikacje wskazują, że w metodach tych uzyskuje się zadowalający stopień redukcji związków odpowiedzialnych za aromaty brzeczkowe, jednak niedostateczną zawartość alkoholi wyższych i estrów. Dodatkowo techniki te są kosztowne do wdrożenia – wymagają one specjalnych bioreaktorów oraz systemów do ciągłego zaopatrywania oraz odbierania brzeczki i piwa. Niemniej metody te są bardzo obiecujące ze względu na stosunkowo niski nakład pracy i wysoką wydajność [13, 18].

Zatrzymanie fermentacji i fermentacja w obniżonej temperaturze

Metody te polegają na zatrzymaniu fermentacji po osiągnięciu zamierzonego poziomu alkoholu w piwie, poprzez szybkie schłodzenie brzeczki do temperatury ok. 0°C, pasteryzację lub odfiltrowanie drożdży. Zaletą tych metod jest fakt, że są one możliwe do wdrożenia w większości browarów bez nadmiernych nakładów finansowych – i z tego powodu są one popularne. W przypadku metod opierających się na zatrzymaniu fermentacji, możliwe są również znaczne manipulacje parametrami procesu wpływającymi na większą produkcję związków lotnych, np. fermentacja brzeczki o wyższym ekstrakcie, a następnie jej rozcieńczenie, zastosowanie podwyższonej temperatury fermentacji, czy niskiego natlenienia brzeczki. Mimo to uzyskane piwa charakteryzują się mocnym aromatem brzeczkowym.

Fermentacja w obniżonej temperaturze (ok. 0°C) spowalnia w znacznym stopniu produkcję etanolu. Jednocześnie wytwarzanie estrów i alkoholi wyższych pozostaje na zadowalającym poziomie. Z tych powodów metoda ta pozwala na uzyskanie napojów o cechach zbliżonych do normalnych piw [13, 18].

Drożdże specjalne

Zastosowanie specjalnych drożdży jest bardzo interesującym rozwiązaniem ze względu na łatwość jego wdrożenia do procesu produkcyjnego piwa. Drożdże przeznaczone do produkcji piw no-lo powinny wykazywać następujące właściwości: brak zdolności do fermentacji maltozy oraz produkcji aromatów fenolowych i możliwość wzrostu w obecności izo- α -kwasów. Ponadto szczepki te muszą być bezpieczne dla konsumentów [15]. Obecnie na rynku pojawiły się szczepki drożdży niefermentujące maltozy, w tym *Zygosaccharomyces lentus*, *Torulaspora delbrueckii* czy *Saccharomyces ludwigii*. Możliwe jest również zastosowanie szczepów *Saccharomyces cerevisiae* (niefermentujących maltozy).

Dzięki braku zdolności fermentacji maltozy i maltotriozy jedynymi cukrami ulegającymi fermentacji są: glukoza, fruktoza i sacharoza. Pozwala to na uzyskanie piwa o zawartości alkoholu poniżej 0,5%. Minusem tego podejścia jest fakt, że nieprzefermentowana maltoza

i maltotrioza nadają napojowi słodki smak, jednak ich słodycz jest mniejsza niż sacharozy i glukozy. Dodatkowo, ze względu na obecność tych cukrów w gotowym produkcie oraz mniejszą aktywność fermentacyjną drożdży, piwa produkowane w ten sposób wymagają zachowania wysokiej czystości mikrobiologicznej. Sam proces fermentacji przebiega często wolniej [18].

Szczególną uwagę badaczy w obszarze piw no-lo przykuwają drożdże spoza rodzaju *Saccharomyces*, które pozwalają na uzyskanie napojów o unikalnych cechach sensorycznych. Dodatkowo niektóre ze szczepów nie-*Saccharomyces* wykazują wyższą aktywność enzymów, takich jak β -glukozydazy i β -liazy, co powoduje, że uzyskane piwa mogą charakteryzować się np. bardziej owocowymi, cytrusowymi czy tropikalnymi aromatami. Dla przykładu, w badaniach Michel i in. [2016], szczepki *Torulaspora delbrueckii* pozwoliły na uzyskanie piwa o miodowym i śliwkowym aromacie. Dwa z badanych szczepów nadawały dodatkowo nuty cytrusowe [19, 20, 21].

Zmodyfikowane zacieranie

Stosunkowo prostą metodą produkcji piwa no-lo jest wytworzenie bardzo nisko fermentowalnej brzeczki, m.in. w wyniku wykorzystania:

- zacierania wysokotemperaturowego (75–80°C) – w efekcie czego uzyskuje się blisko 85% ekstrakcji siodu. Ze względu na inaktywację β -amylazy, otrzymane brzeczki są fermentowalne w ok. 25%,
- ekstrakcji siodu wodą o temperaturze poniżej 60°C – w warunkach tych nie następuje kleikowanie skrobi, co przekłada się na małą zawartość cukrów fermentujących,
- ponownego zacierania młóta.

Przy zastosowaniu tych metod możliwe jest uzyskanie piwa o obniżonej zawartości alkoholu (1,5% obj.) [22]. Jednak piwa wyprodukowane za pomocą tych technik charakteryzują się niekorzystnymi cechami sensorycznymi [18].

Podsumowanie

Produkcja piw no-lo jest bardzo skomplikowanym zagadnieniem. Poza doбором odpowiedniej metody, aby uzyskać właściwe cechy sensoryczne produktu, wymagana jest znaczna wiedza oraz znajomość procesu. Bardzo dużą zaletą metod biologicznych (zatrzymanie fermentacji, fermentacja w obniżonej temperaturze oraz wykorzystanie specjalnych drożdży) jest fakt, że mogą one zostać wdrożone nawet w małych zakładach, bez ponoszenia dużych kosztów. Szczególnie interesującym sposobem produkcji takiego piwa jest zastosowanie specjalnych drożdży, które dodatkowo pozwalają uzyskać produkt wyróżniający się na rynku pod względem cech sensorycznych.

Dokończenie na s. 13

Literatura

- [1] Catarino Margarida, Mendes Adélio. 2011. „Non-alcoholic beer – A new industrial process”. *Separation and Purification Technology* 79(3): 342–351.
- [2] Mellor Duane D., Hanna-Khalil Bishoy, Carson Raymond. 2020. „A Review of the Potential Health Benefits of Low Alcohol and Alcohol-Free Beer: Effects of Ingredients and Craft Brewing Processes on Potentially Bioactive Metabolites”. *Beverages* 6(2).
- [3] Kokole Daša, Llopis Eva Jané, Anderson Peter. 2022. „Non-alcoholic beer in the European Union and UK: Availability and apparent consumption”. *Drug and Alcohol Review* 41(3): 550–560.
- [4] Anderson Kym. 2023. „The emergence of lower-alcohol beverages: The case of beer”. *Journal of Wine Economics* 18(1): 66–86.
- [5] Bucher Tamara, Deroover Kristine, Stockley Creina. 2018. „Low-Alcohol Wine: A Narrative Review on Consumer Perception and Behaviour”. *Beverages* 4(4): 82.
- [6] Drappier Julie, Thibon Cécile, Rabot Amélie, Geny-Denis Laurence. 2019. „Relationship between wine composition and temperature: Impact on Bordeaux wine typicity in the context of global warming – Review”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59(1): 14–30.
- [7] Ramsey Imogen, Dinu Vlad, Linforth Rob, Yakubov Gleb E., Harding Stephen E., Yang Qian, Ford Rebecca, Fisk Ian. 2020. „Understanding the lost functionality of ethanol in non-alcoholic beer using sensory evaluation, aroma release and molecular hydrodynamics”. *Scientific Reports* 10(1): 20855.
- [8] Piornos José A., Koussissi Elisabeth, Balagiannis Dimitrios P., Brouwer Eric, Parker Jane K. 2023. „Alcohol-free and low-alcohol beers: Aroma chemistry and sensory characteristics”. *Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety* 22(1): 233–259.
- [9] Perpète Philippe, Collin Sonia. 1999. „Contribution of 3-Methylthiopropionaldehyde to the Warty Flavor of Alcohol-Free Beers”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(6): 2374–2378.
- [10] Baert Jeroen J., De Clippeleer Jessika, Hughes Paul S., De Cooman Luc, Aerts Guido. 2012. „On the Origin of Free and Bound Staling Aldehydes in Beer”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60(46): 11449–11472.
- [11] Kozłowski Rafał, Dziędziński Marcin, Stachowiak Barbara, Kobus-Cisowska Joanna. 2021. „Non- and low-alcoholic beer – popularity and manufacturing techniques”. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 20(3): 347–357.
- [12] Jiang Zhumao, Yang Baoyu, Liu Xiao, Zhang Song, Shan Jing, Liu Jie, Wang Xiaoran. 2017. „A novel approach for the production of a non-alcohol beer ($\leq 0.5\%$ abv) by a combination of limited fermentation and vacuum distillation”. *Journal of the Institute of Brewing* 123(4): 533–536.
- [13] Muller Carlos, Neves Luis Eduardo, Gomes Luciana, Guimarães Monique, Ghesti Grace Ferreira. 2020. „Processes for alcohol-free beer production: a review”. *Food Science and Technology* 40(2): 273–281.
- [14] Bellut Konstantin, Arendt Elke K. 2019. „Chance and Challenge: Non-Saccharomyces Yeasts in Nonalcoholic and Low Alcohol Beer Brewing – A Review”. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* 77(2): 77–91.
- [15] Yabaci Karaoglan Selin, Jung Rudolf, Gauthier Matthew, Kinčl Tomáš, Dostálek Pavel. 2022. „Maltose-Negative Yeast in Non-Alcoholic and Low-Alcoholic Beer Production”. *Fermentation* 8(6): 273.
- [16] Gernat Deborah, Brouwer Eric, Ottens Marcel. 2020. „Aldehydes as Wort Off-Flavours in Alcohol-Free Beers – Origin and Control”. *Food and Bioprocess Technology* 13(2): 195–216.
- [17] Palmer John. 2017. „How to brew: everything you need to know to brew great beer every time”. Colorado: *Brewers Association*.
- [18] Brányik Tomáš, Silva Daniel P., Baszczyński Martin, Lehnert Radek, and Almeida E Silva João B. 2012. „A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production”. *Journal of Food Engineering* 108(4): 493–506.
- [19] Svedlund Natalia, Evering Simon, Gibson Brian, Krogerus Kristoffer. 2022. „Fruits of their labour: biotransformation reactions of yeasts during brewery fermentation”. *Applied Microbiology and Biotechnology* 106: 4929–4944.
- [20] Michel Maximilian, Meier-Dörnberg Tim, Jacob Fritz, Methner Frank-Jürgen, Wagner R. Steven, Hutzler Mathias. 2016. „Review: Pure non-Saccharomyces starter cultures for beer fermentation with a focus on secondary metabolites and practical applications”. *Journal of the Institute of Brewing* 122(4): 569–587.
- [21] Michel Maximilian, Kopecká Jana, Meier-Dörnberg Tim, Zarnkow Martin, Jacob Fritz, Hutzler Mathias. 2016. „Screening for new brewing yeasts in the non-Saccharomyces sector with *Torulaspora delbrueckii* as model”. *Yeast* 33(4): 129–144.
- [22] Ivanov Kiril, Petelkov Ivan, Shopaska Vesela, Denkova Rositsa, Gochev Velizar, Kostov Georgi. 2016. „Investigation of mashing regimes for low-alcohol beer production”. *Journal of the Institute of Brewing* 122(3): 508–516.