

清酒醸造技術を応用した香り豊かなクラフトビールの開発

片山 真之^{*1} 堺 早恵子^{*1} 山下 将輝^{*2}

Developing Aromatic Craft Beer Using Sake Brewing Techniques

Masayuki Katayama^{*1}, Saeko Sakai^{*1} and Masaki Yamashita^{*2}

近年、独自性・地域性を持たせたクラフトビール造りを目的に、清酒吟醸酵母を使用したクラフトビールの開発依頼が増加している。この開発を実現するためには、①ホップ香と吟醸香のバランスが取れた酵母育種、②クラフトビールの主原料である麦汁中のマルトースを清酒酵母が資化可能なグルコースへ変換する技術開発を行うことが課題であった。そこで、課題解決に取り組んだ結果、吟醸香を生成する酵母育種技術や酵素剤を使用した清酒醸造技術をクラフトビール醸造に応用することで、清酒酵母を使用した香り豊かなクラフトビールの開発に県内で初めて成功した。

1 はじめに

生物食品研究所では、新規清酒用酵母の育種や新規醸造技術の開発を通じて、県内清酒メーカーの事業化支援を行っている。一方、アルコール飲料業界では、清酒以外の市場であるクラフトビール市場が活況を呈している。令和5年度における全国のクラフトビール醸造所数は803場(県内では24場)であり、過去5年間で醸造所数は2倍以上増加している¹⁾。

そのような背景の中、県内ブルワリーである合同会社ギャランドゥ(以下、ギャランドゥ(令和元年から県内で個性豊かなクラフトビールを醸造))から、独自性・地域性を持たせたクラフトビール造りを目的に、福岡県オリジナルの清酒酵母(カブロン酸エチル高生産酵母)を使用したクラフトビールの開発依頼があった。しかし、①クラフトビール中に含まれるホップ由来の香気成分とバランスを取るため通常より吟醸香の生成に優れた酵母であることが必要、②一般的な清酒酵母はクラフトビールの主原料である麦汁を含むマルトースの資化能が低いためアルコール製成が困難、という課題が考えられた²⁾。そこで、本研究では、①および②の課題解決に取り組み、清酒酵母を使用したクラフトビールの開発を進めた。これにより県産酒類製品の多様化及び特徴づけに大きく寄与することが期待できる。

2 研究、実験方法

クラフトビールの開発については、図1に示す方法

で実施した。

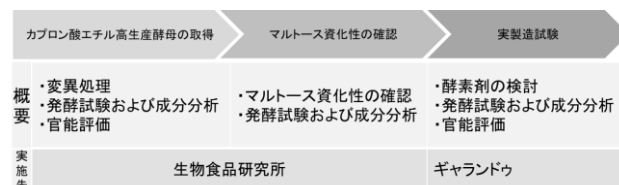


図1 本研究におけるクラフトビールの開発フロー

2-1 カブロン酸エチル高生産酵母の選抜

酵母の取得には地域性を考慮し、福岡県醸造試験所が保有する福岡県独自の酵母(K1-S)を親株とし、カブロン酸エチルを非常に多く生産する酵母(10ppm以上)の取得を目標とした。突然変異を誘導するEMS処理を行い、滅菌水により適宜希釈した後、セルレニン含有YMプレート(0.3%酵母エキス、0.3%麦芽エキス、0.5%ペプトン、1%グルコース、2%寒天、0.025%セルレニン)に塗布し、30℃、3日間培養を行った。生育してきた酵母をそれぞれ10mlのYM-10培地に一白金耳接種し、30℃で1週間静置培養後、上清についてガスクロマトグラフィーを用いて香気成分分析を行った。

次に、取得した酵母を用いて、総米300g、麴歩合20%、汲水歩合140%の清酒の小仕込試験を行った。麴米には乾燥麴(徳島金長(株)製 TG-50)を使用し、掛米にはα化米(徳島金長(株)製 AA-50)を用いた。最高品温を13℃とし留添後21日目に遠心分離により上槽した。製成酒について香気成分分析を行い、カブロン酸エチルの生成能に優れた酵母を取得した。なお、対照

^{*1} 生物食品研究所

^{*2} 合同会社ギャランドゥ

試験として、一般的なカブロン酸エチル高生産酵母である明利酵母を使用した発酵試験を実施した。

2-2 酵母のマルトース資化性試験

選抜した酵母がマルトース資化性を有しているか確認を行うために、10mlのYM-10培地に一白金耳接種し30℃で2日間静置培養後、1Lの麦汁に酵母を植菌し30℃、7日間培養後、糖およびエタノールを高速液体クロマトグラフィーにより分析した。

2-3 クラフトビールの実製造試験

ギャランドゥにおいて、総仕込み量300Lのクラフトビール実製造試験を実施した(図2)。最高品温を20℃とし、10日間の発酵期間を経て製成酒とした。また、酵素剤(「アマノSD」(天野エンザイム(株)社製))を麦芽の糖化工程(60℃、1時間)および発酵工程(20℃、10日間)でそれぞれ5gずつ使用した。発酵中サンプルおよび製成酒について香気成分、糖・エタノール分析を行った。なお、対照試験として、ビール酵母(非公表)を使用した実製造試験を実施した。

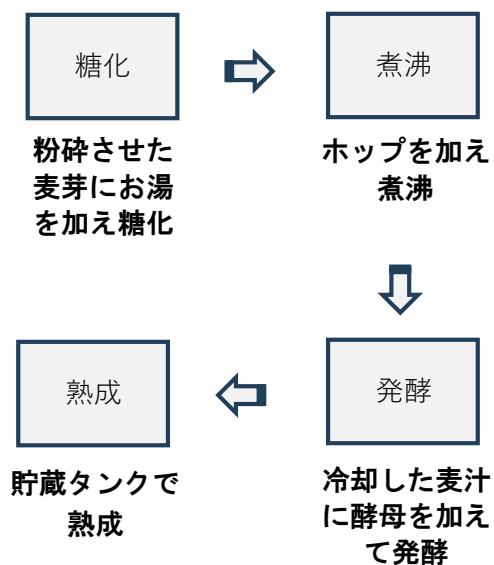


図2 今回のクラフトビールの製造工程

2-4 クラフトビールの成分分析

香気成分の分析は、ガスクロマトグラフィー(アジレント社製、使用カラム:DB-WAX)で行った。また糖・エタノール分析は、高速液体クロマトグラフィー(日本分光(株)社製、使用カラム:Aminex HPX-87H)で行った。

3 結果および考察

3-1 カブロン酸エチル高生産酵母の取得

K1-S酵母を変異処理して得られた約1000株の変異株を対象にカブロン酸エチル生産能を測定したところ、高生産株K1-S-ep13を取得することができた。さらに、清酒小仕込み試験において、K1-S-ep13酵母は一般的なカブロン酸エチル高生産酵母である明利酵母と比較して、カブロン酸エチルを2倍程度生成することが分かった(表1)。

表1 清酒小仕込み試験の香気成分およびエタノール濃度

酵母名	カブロン酸エチル (ppm)	エタノール (%)
K1-S-ep13	15.8	12.4
明利酵母	7.3	15.5

当所で行った清酒の官能試験において、K1-S-ep13酵母で製造した清酒は、「リンゴ様の香りに加えマンゴーやパイナップルなどのトロピカルな果実を連想させる香り」といった評価であった。カブロン酸エチルはリンゴ様の香りであることから、製成酒の特徴香は複数の香気成分が寄与している可能性が考えられた。今後は、GC/MS等を使用して詳細な香気成分の分析を行う予定である。

3-2 K1-S-ep13酵母のマルトース資化性

麦汁を用いてK1-S-ep13酵母の発酵試験を行った結果、グルコース濃度は未検出(N.D.)、マルトース濃度は5.4%、エタノール濃度は1.2%であった(表2)。初期麦汁のグルコース濃度は1.5%、マルトース濃度は6.0%、エタノール濃度は未検出(N.D.)であったことから、本酵母はマルトース資化性をほぼ有していないことが明らかとなった。

表2 麦汁発酵試験の糖およびエタノール濃度(%)

	グルコース	マルトース	エタノール
初期麦汁	1.5	6.0	N.D.
発酵後麦汁	N.D.	5.4	1.2

3-3 クラフトビールの実製造試験

K1-S-ep13酵母はマルトース資化性を有していないことから、麦汁中のマルトース（二糖）をグルコース（単糖）へ分解する必要があることが分かった。そこで、麦汁中のマルトースを清酒酵母が資化可能なグルコースへ分解する方法として、清酒の製造現場で使用される酵素剤の添加に着目し、K1-S-ep13酵母と酵素剤を用いたクラフトビールの実製造試験を実施することとした。

その結果、醸造中のグルコースおよびマルトース濃度は、発酵経過とともに減少し、発酵10日目にはクラフトビール中にほぼ含まれなくなった(図3)。また、本酵母は、ビール酵母と比較して同程度の発酵性を有していた(図4)。さらに、本酵母はビール酵母ではほぼ生成されないカプロン酸エチルを約30ppmと非常に高い濃度で生成していた(表3)。当所およびギャランドゥで実施したクラフトビールの官能試験では、「吟醸香や熟した果実香の複合的な香り」といった評価であったことから、本酵母を使用することで清酒の香りを活かしたクラフトビールの醸造が可能となった。

K1-S-ep13 を使用したクラフトビール実製造試験において、グルコース濃度が発酵4日目まで上昇していた。これは、糖化工程で酵素剤の作用により分解されなかったマルトースが、発酵工程でグルコースへ分解されていることが示唆された。また、本酵母のカプロン酸エチル生成能は、清酒製造条件下よりもクラフトビール製造条件下の方が高かった。この要因については調査中であるが、ビール原料の一部が脂肪酸合成経路を活性化している可能性や、本酵母がクラフトビールの発酵温度(20℃)においてカプロン酸エチルを高生産しやすい特徴を有している可能性が考えられた。

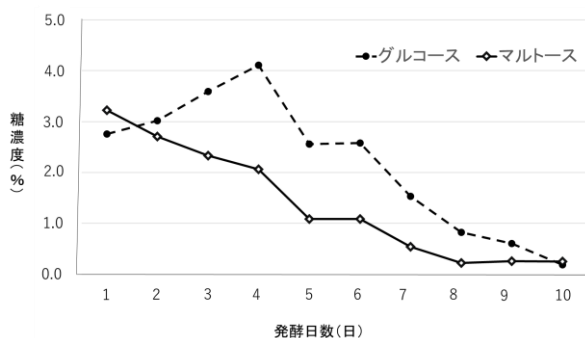


図3 K1-S-ep13 を使用したクラフトビールの糖濃度

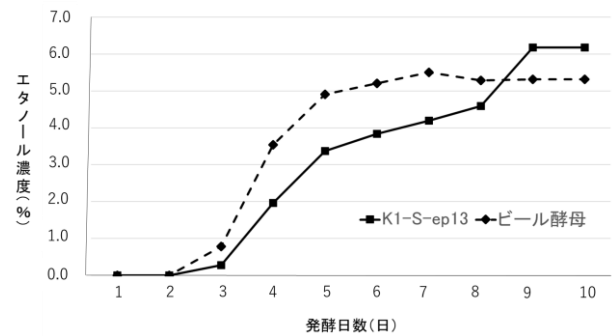


図4 製造したクラフトビールのエタノール濃度

表3 クラフトビールの香気成分濃度 (ppm)

使用酵母	カプロン酸	酢酸イソ	イソアミル
	エチル	アミル	アルコール
K1-S-ep13	33.2	3.7	80.2
ビール酵母	1.0	1.0	121.2

4 まとめ

本開発では、①吟醸香を生成する酵母育種技術、②清酒製造現場で使用される酵素剤を糖化工程だけでなく発酵工程にも使用することで、清酒酵母を使用したクラフトビールの製品化に県内で初めて成功した。清酒醸造技術を応用した新規製造方法は、これまでビール製造に清酒酵母を使用した際に生じる発酵性低下やホップ香と吟醸香のバランスが低下する課題を解決するものである。従来の顧客からは、「清酒の様な甘い香りがあってとてもフルーティ」という評価があり、清酒酵母の特徴を活かした酒質となった。今後は、開発した技術を県内のブルワリーに広く普及し、特徴あるクラフトビールの製造支援に役立てる予定である。

5 参考文献

- きた産業：クラフトビール全国醸造所リスト，きた産業株式会社（2024）（オンライン）
<https://kitasangyo.com/beer/MAP.html>
（参照2025-3-25）
- 渡部 貴志ら：群馬県立産業技術センター研究報告 令和2年度(2020)，pp. 29-33（2020）
- 岸本 徹：J. Japan Association on Odor Environment, Vol. 44, No. 1, pp. 13-20（2013）