

発酵中にホップを添加する製法による発酵促進とその応用



キリンホールディングス株式会社 土屋友理

はじめに

ホップはビールに特有の苦味と香りを付与する原料である(図1)。ホップのビールに対する機能としては、ほかにも、抗菌性の付与、見た目の清澄性や泡持ちにまで寄与しており、ビールにとってなくてはならない原材料の一つである。

近年、クラフトビールの世界的な流行に伴い、ホップの香りを強調したビールの需要が増えてきている。キリンビール社では、発酵中にホップを添加することにより、ビールに豊かなホップ香を付与できる独自技術を開発した¹⁾。

筆者はこの技術がホップ香の付与以外にも、発酵中にホップと酵母との相互作用の効果があるのではないかと考え、発酵とビール品質への影響を明らかにしようと試みた。結果として、以下のとおり3つのホップと酵母の相互作用とその機構の一端を明らかにすることができた。本稿では、それらの研究と応用について、紹介する。

1. ホップと酵母の相互作用に関する研究

1-1. 発酵促進効果

発酵中のホップの添加有無による発酵経過を詳細に比較したところ、ホップ添加をしたことにより、糖消費速度の上昇と浮遊酵母数の増加が見られ、発酵が促進されることを見出した(図2)。ホップには僅かに糖分解酵素が含まれることが知られていたが²⁾、このような発酵促進効果は煮沸したホップを用いても認められたことから、ホップに由来する酵素活性の寄与は少ないと考えられた。一方で、発酵中にホップを添加することで、発酵液中の溶存炭酸ガスの濃度が低下することが確認できた(図3)。過飽和状態の溶存炭酸ガスは、酵母の増殖を阻害す



図1. ビールの原料となるホップ

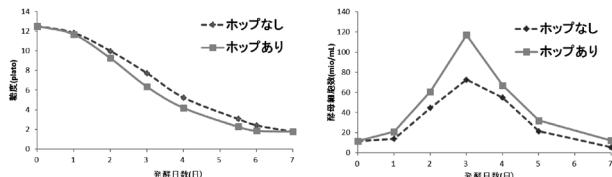


図2. 発酵中の糖度と浮遊酵母数の推移 (ホップの添加量は 3 g/l)

ることが知られており³⁾、発酵液に存在するホップ固形分の疎水性基が溶存炭酸ガスの放出を促進し、溶存炭酸ガス濃度が減少すると考えられた。そのほかの固形分として、過去の研究で報告がある活性炭⁴⁾やオレンジピール等の添加によっても、同様に糖消費が促進されることが確認された。このことから、発酵中にホップを添加することによる発酵促進効果は、ホップ固体粒子に起因することが示唆された⁵⁾。

1-2. 発酵由来の硫黄系オフフレーバーの低減

発酵によって酵母に生成されるビールに望ましくない香りとして、硫黄系オフフレーバーが知られているが、発酵中にホップを添加することによって硫黄系のオフフレーバーの1つである2-mercapto-3-methyl-1-butanolの生成量の低減が観察された(図4)。

この現象は、前述した溶存炭酸ガスの放出促進による硫化水素のページアウト効果、および酵母のメタボローム解析⁶⁾から硫化水素からホモシスティンへの代謝経路の活性化による効果の可能性が示唆された。

上記の現象による、発酵由来のオフフレーバーの低減によって、良好なホップ香気を引き出すことができると考えられた。

1-3. プリン体低減効果

プリン体とは、核酸を構成する成分の一つで、様々な食品に含まれている。プリン体が肝臓で分解されると尿酸がつくられるが、尿酸が一定の濃度以上になると血中で結晶化し体に悪影響を及ぼすことがあるため、プリン体を低減した発泡酒や新ジャンルなどのビール類が開発されている。

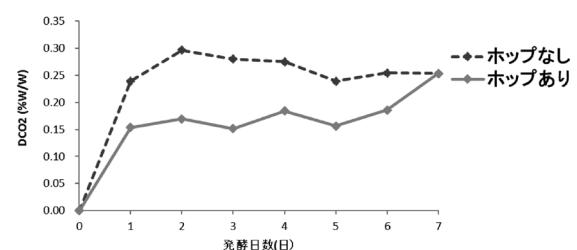


図3. 発酵中の溶存炭酸ガス濃度の推移

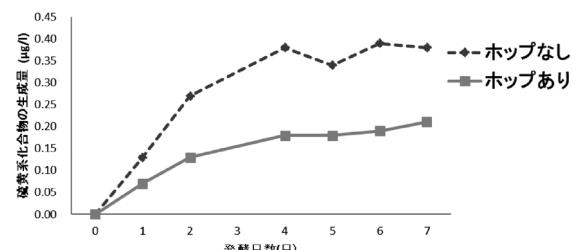


図4. 発酵中の硫黄系化合物 (2-mercapto-3-methyl-1-butanol) の推移

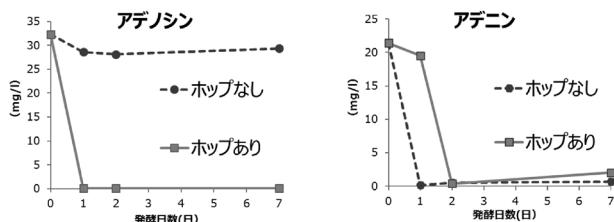


図5. 発酵中のアデノシンとアデニンの推移

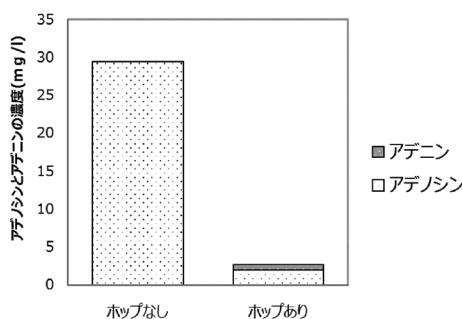


図6. 発酵後のアデノシンとアデニンの濃度

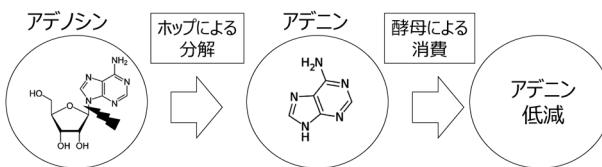


図7. ホップによるプリン体低減技術

筆者らは様々なビール類のプリン体を分析した結果、ホップの使い方によって含まれるプリン体が異なることを明らかにした。そこで麦汁にホップを添加し、プリン体成分を分析したところ、アデノシンが分解され、アデニンが生成された。この分解は、ホップを熱処理すると観察されなくなったことから、ホップに含まれる酵素の作用と考えられた。以上より、ホップはアデノシン分解活性を有することを明らかにした⁷⁾。このアデノシン分解活性を活用して、プリン体を低減する製造技術を開発した。発酵中にホップを添加する方法を検討した結果、麦汁に含まれる非資化性のアデノシンが資化性のアデニンに変換され(図5)、酵母によりアデニンが資化されることによって発酵液のプリン体を低減することができた(図6, 7)⁸⁾。

2. ビール醸造への応用

これまで述べてきた3つの効果から、ホップを発酵時に添加する方法は、苦味を抑えて華やかなホップ香気を付与することができることに加え、酵母の発酵を促進し、オフフレーバーを抑えることができることを明らかとした。また本製法をプリン体オフの商品の製造に応用することでプリン体を低減しつつ、

ホップ由来の香味の優れた、新たな製造技術を確立することができた。この現象はホップと酵母のコラボレーションによって生まれた産物であり、「おいしさと健康」に関する技術の進化へ貢献することができた。

おわりに

今回得られた研究成果を、科学的なエビデンスのある活用方法として、商品のリニューアルや新商品開発に展開を行った。本研究技術が活用されたキリンビール社の商品における、「おいしさ」や「プリン体オフ」に関する科学的エビデンスとして、商品と連動して訴求を行うことができた。今後も、ホップと酵母の相互作用の原理解明に向けた研究を進め、基礎研究から市場創出への貢献を目指していきたいと考えている。

(引用文献)

- 1) 村上敦司, 川崎由美子, 目瀬友一朗, 蒲生徹 ホップ香気を強調した発酵麦芽飲料の製造方法. 特許 wo2013/099535
- 2) Kaylyn R. Kirkpatrick, Thomas H. Shellhammer, A Cultivar-based screening of hops for dextrin degrading enzymatic potential. *Journal of The ASBC* Vol. 76, No. 4, 247-256 (2018)
- 3) Jones RP, Greenfield, PF: Effect of carbon dioxide on yeast growth and fermentation. *Enzyme Microb. Technol.*, 4, 210 (1982)
- 4) 福田典雄, 平松幹雄, 産本弘之, 福崎智司 粉末活性炭素添加による溶存炭酸ガス濃度の低減および酵母への影響. *醸協*, 91(4), 279-283 (1996)
- 5) 土屋友理, 太田拓, 小林統, 善本裕之, 稲留弘乃 ビール発酵中におけるホップ添加が酵母へ及ぼす影響について. 日本農芸化学会2019年度大会講演要旨集 (2019)
- 6) Yoshida S, Imoto J, Minato T, Ouchi R, Sugihara M, Imai T, Ishiguro T, Mizutani S, Tomita M, Soga T, Yoshimoto H: Development of bottom-fermenting *Saccharomyces* strains that produce high SO₂ levels using integrated metabolome and transcriptome analysis. *Appl. Environ. Microbiol.*, 74(9): 2787-96 (2008).
- 7) 太田拓, 土屋友理, 杉山巧, 太田惣介, 加藤優, 今井健夫, 稲留弘乃 ホップに含まれるアデノシン分解活性の発見とビール醸造への応用可能性. 生物工学会2019年度大会講演要旨集 (2019)
- 8) 土屋友理, 太田拓, 杉山巧, 羽場清人, 加藤優, 今井健夫, 稲留弘乃 ホップのアデノシン分解活性を活用したプリン体オフビール系飲料の開発. 生物工学会2019年度大会講演要旨集 (2019)

謝 辞 本研究は、キリンホールディングス株式会社酒類技術研究所において多くの方々に支えていただきながら行われたものです。研究にあたり、ご支援とご理解いただきました、酒類技術研究所井戸裕二所長、また多大なるご助言とご指導を賜りました、稻留弘乃博士、善本裕之博士、小林統博士、太田拓氏、ならびにキリングループ各社の多くの関係者の尽力によるものであり、皆様の支えなくしてはこの賞をいただくことはできませんでした。深く感謝申し上げます。