



オオムギの脂質酸化酵素が ビールの品質を下げる！？

黒田 久夫

ビールの醍醐味といえば、きれいな泡が立った新鮮な生ビールをぐいっと飲み干す瞬間と思うが、皆さんはどうだろうか？ ビールの泡や鮮度については、古くから膨大な研究が蓄積されている。その中で原料の麦芽の影響も少なくなく、従来より麦芽の製造方法や麦汁を製造する仕込方法にも工夫が凝らされてきた。¹⁾そして最近、麦芽の脂質酸化酵素が、ビールの泡と鮮度を左右するという直接的証拠が示され、ビール醸造関係者の間で話題を集めている。ここでは、その背景を含め具体的内容を紹介する。

ビールの泡持ちは、麦芽由来の泡持ちタンパク質やトリヒドロキシオクタデセン酸 (THOD) などの脂質類が関与し、その他の成分とのトータルバランスにより決まると考えられる。THODは仕込工程中に生成する。その経路として麦芽中のリノール酸がオオムギのリポキシゲナーゼ-1 (LOX-1) とペルオキシゲナーゼにより THOD に変換される経路と仕込中にさらにエステル化した THOD が加水分解し、遊離・生成する経路とがある。²⁾ THODは泡持ちタンパク質相互の結合を妨げ、泡を不安定にする。実験的には、ビールに THOD を添加すると泡持ちは低下する。³⁾ また、THODは収斂味を有し、ビールの「キレ」を損なうことも分かっている。⁴⁾

ビールは保存により鮮度が低下 (老化) する。老化のメカニズムとしては、ビール中の酸素がラジカル反応を起こして老化物質が生成するラジカル説と、脂質酸化説がある。脂質酸化説によると、老化臭の一つである

(2E)-ノネナールは、麦芽の脂質が酸化した結果生ずる。(2E)-ノネナールは、麦芽中の脂質酸化酵素系 (図),⁵⁾ または麦汁煮沸時等に非酵素的な酸化反応により生成すると考えられる。生成した (2E)-ノネナールは麦汁中のアミノ酸とシッフ塩基を形成する。遊離の (2E)-ノネナールは酵母により代謝されてしまうが、アミノ酸との結合体は酵母の代謝を免れ、最終製品に残存する。この結合体はビールを長期保存していると徐々に分解し、(2E)-ノネナールによる老化臭を感じるとされている。⁶⁾

このように麦芽中の脂質酸化酵素は、ビールの泡と鮮度に影響するという状況証拠は示されているが、未だに直接的証明はなかった。これに対する明快な答えが、二つのグループから独立して発表された。¹⁾ サッポロビールと岡山大学のグループは、大麦の遺伝資源から脂質酸化の最初の反応を触媒するリポキシナーゼ-1 遺伝子 (LOX-1) を欠失した在来種を発見し、これを用いてビールを醸造したところ、ビールの「キレ」と泡持ちは向上し、保存による老化も抑制されることを確認した。少し遅れて、カールスバーグ研究所 (デンマーク) のグループも、変異原処理により LOX-1 欠損体を分離し、ビールを醸造して、同様に老化が抑制されることを確認した。¹⁾ 長年、議論が続いていたリポキシゲナーゼとビールの泡と鮮度に関する論争に終止符が打たれた歴史的瞬間であり、ビール醸造に携わるものに多大なインパクトを与えた。

LOX-1 がビールの泡と鮮度に直接的影響を与えることは分かった。それでは、その下流の酵素はどうだろうか？ 興味深いことに、麦芽中の脂肪酸ヒドロペルオキシドリアーゼ (HPL) の活性とビール老化指標は良い相関を示す (図1)。⁵⁾ HPL やその他の下流酵素の変異体が単離できれば、これらの解答も示されるだろう。学術的興味もさることながら、これらの研究が発展することによって、ビールにとって品質の良いオオムギが開発されて、その結果、ますます旨いビールが飲めることが期待される。

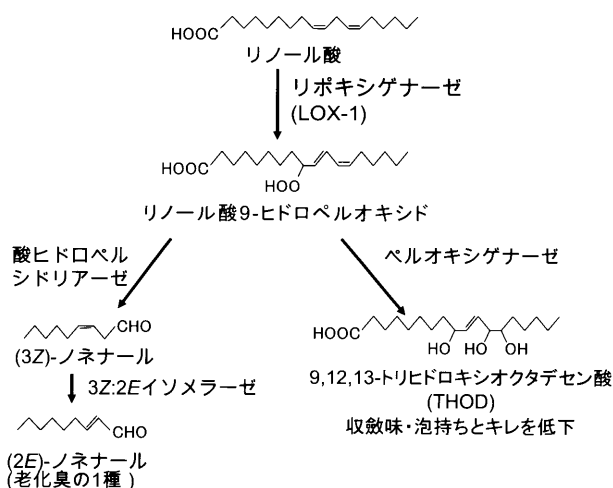


図1. 仕込工程中の (2E)-ノネナールと THOD の合成系

- 1) EBC Congress 2005, Prague, CD-ROM, in press.
- 2) Kuroda, H. *et al.*: *J. Biosci. Bioeng.*, **93**, 73 (2002).
- 3) 萩内: 醸協, **75**, 273 (1980).
- 4) Kuroda, H. *et al.*: *MBAA TQ.*, **40**, 11 (2003).
- 5) Kuroda, H. *et al.*: *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **69**, 1661 (2005).
- 6) 安井: 醸協, **96**, 94 (2001).

著者紹介 サッポロビール (株) 価値創造フロンティア研究所 (上級研究員) 〒425-0013 静岡県焼津市岡当目 10 番地
TEL. 054-629-7981 FAX. 054-629-3144 E-mail: Hisao.Kuroda@sapporobeer.co.jp