

発泡飲料の表面と泡の安定性に関する研究

¹産総研, ²キリン株式会社
○宮前孝行¹, 加藤治人², 加藤優²

Relationship between beer surface structure and foam stability

○Takayuki Miyamae¹, Haruhito Kato², Masaru Kato²

¹ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan

² Kirin Co. Ltd., Japan

【Abstract】 An aspect of beer quality generally considered to be of major importance is the presence of a stable and attractive head of foam. It was believed that the formation and stability of foam was related with the hydrophobic proteins and hop derivative isohumulones. In this study, we report the structure of beer surfaces and their relationship with the stability of the beer foam using sum-frequency generation spectroscopy.

【序】 ビールは人類が発明した最も古いアルコール飲料であり、その起源は紀元前4千年紀のメソポタミア文明にまで遡る[1]。ビールの風味は加えられるホップによるものが大きい。現代のビールにとってホップは欠くことのできない重要な原料である。ホップはビールに独特の風味と雑菌抑制効果をもたらすことが知られているが[2]、一方でホップはビールの外観、品質を判断する上で重要な要素である『泡』の形成にも大きく関与している。特に泡の持続性である『泡持ち』に関してはビールに含まれるタンパクやホップ由来のイソフムロン(Fig. 1)を代表とするイソ- α -酸、ポリフェノールなどが寄与していることが考えられるが、ビールの表面に着目してその表面の分子挙動と泡の形成に関する研究はこれまで例がない。本研究では、界面選択的な分光法である和周波分光を用い、ビール表面の分子挙動、特にホップ由来の分子種(Fig. 1)に注目して、その表面配向挙動と、さらにビールの泡持ちとの関連についての研究を行ったので報告する。

【実験】 SFGの測定では測定中の液体表面の振動を抑制するために試料ステージとして水冷式のペルチェステージを用い、試料温度を3–4℃に保った状態で測定を行った。ビール表面のSFGスペクトルの比較検討のため、5%エタノール水溶液、ホップエキス希釈水溶液、ビー

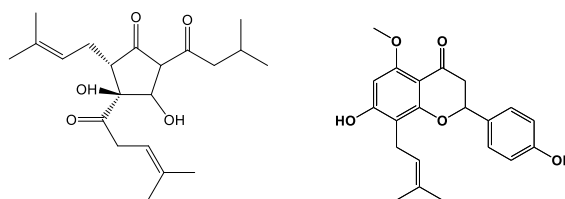


Figure 1. Chemical structures of *trans*-isohumulone and isoxanthumole

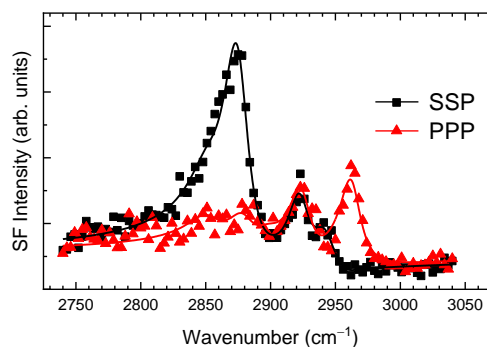


Figure 2. SSP and PPP SFG spectra of beer surface.

ルから抽出した 6 kDa 以上のタンパク分画成分の水溶液を用意し、それぞれビールと同濃度条件になるように調整したものをを用いた。

【結果・考察】 Fig. 2 に試料温度 3 °C でのビール表面の SFG スペクトルを示す。CH 伸縮領域では SSP(和周波 S 偏光、可視 S 偏光、赤外 P 偏光)組み合わせで、2850、2875、2926、2940 cm^{-1} 、 PPP 偏光で 2965 cm^{-1} にピークが観測され、メチルもしくはメチレンを有する分子種が表面に存在していることがわかる。またタンパク由来と考えられる 1680 cm^{-1} のピークも確認できた。

ビール表面に現れてくる分子種の同定のために、ビールに含まれる代表的な化合物群の水溶液表面の SFG スペクトルを Fig. 3 に示す。Fig.3 にはイソフムロンの pH4.0 水溶液表面、イソキサントフモールエタノール水溶液、5%エタノール水溶液、ビールから抽出した 6kDa 以上のタンパク成分の水溶液表面の SFG スペクトルをそれぞれ示してある。エタノール水溶液およびタンパクの水溶液では、 CH_2 由来(2850 cm^{-1})、 CH_3 由来(2875, 2940, 2965 cm^{-1})のピークが見られる。一方でホップ抽出液に含まれるイソフムロン水溶液、およびホップ由来のぼりふえのりである、イソキサントフモールエタノール水溶液では、これらのピークだけでなく 2926 cm^{-1} にピークが現れているのが確認できる。この 2926 cm^{-1} のピークは Fig. 1 のビール表面でもはっきりと確認できる。このことはビール表面にはホップ由来のイソ- α -酸やポリフェノールが存在していることが強く示唆される。

次に、ホップがビールの泡の安定性に関与しているかどうかを検証するために、ホップ添加量の異なるビール表面の SFG 測定を行った。Fig. 4 に示すように、ホップを添加していないビールでは 2926 cm^{-1} のピークはほとんど観測されず、添加量 2 倍では強く観測されることから、このピークがホップに由来する分子種のものであることが改めて確認できる。一方ホップ添加量の増加に応じてビールの泡の持続時間は伸びる傾向を示しており、表面のホップの存在がビールの泡の安定性に何らかに関与していることが強く示唆される。当日はタンパクのアミド由来のピーク挙動の解析結果と合わせ、ビール表面の本質に迫る。

【参考文献】

- [1] H. M. Eßlinger, L. Narziß, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2009.
- [2] C. A. Blanco, et al., *Trends in Food Sci. Technol.* **2006**, *17*, 373.; R. Stevens, *Chem. Rev.* **1967**, *67*, 19.; C. W. Bamforth, *J. Inst. Brew.* **1985**, *91*, 370.

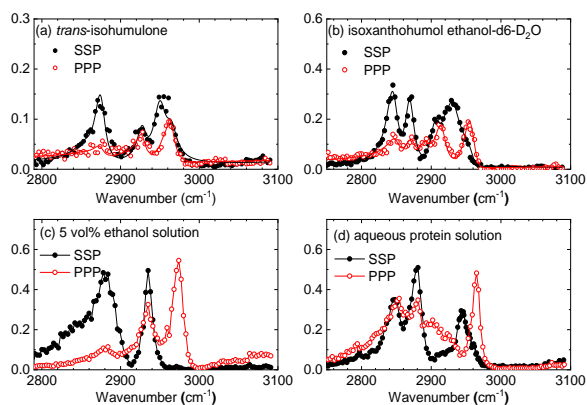


Figure 3. SFG spectra of: (a) isomerized hop extracts diluted with pH 4.0 phthalic acid buffer solution, (b) isoxanthohumol ethanol-d6-D2O solution, (c) 5 vol.% ethanol-water solution, (d) aqueous solution of a protein fraction of 6 kDa or more.

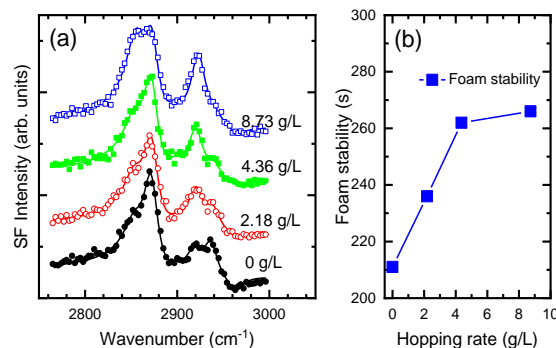


Figure 4. (a) SSP-polarized SFG spectra of the beer surfaces with different hopping rates in the CH stretch region. (b) Relationship between the stability of the beer foam and the hopping rate.