

全国地ビール品質審査会2022出品酒の分析について

日下 一尊・寺本 聡子・江村 隆幸

Analysis of Beer Components Presented to Craft Beer Contest
of Japan Brewers Association in 2022

Kazutaka KUSAKA, Satoko TERAMOTO and Takayuki EMURA

緒 言

全国地ビール品質審査会2022は、地ビールの醸造技術向上及び品質改善を目的として、全国地ビール醸造者協議会（Japan Brewers Association）の主催により実施しており、本年で6回目となる。今回は41社から107点の出品があり、品質審査会を令和4年3月23日（水）及び24日（木）に、独立行政法人酒類総合研究所（広島県東広島市）（以下、「研究所」という。）で実施した。出品酒については、令和3年2月から3月の期間において、研究所において成分分析及び微生物検査を実施したので、その結果について報告する。

方 法

1. 出品酒

出品酒は自社の製造場において製成した、ビール及び発泡酒とした。容器は瓶、缶又はペットボトルとし、1社からの出品点数は3点までとした。品質評価及び成分分析・微生物検査に使用する出品酒については、使用直前まで4℃でそれぞれ保管した。

2. 成分分析

(1) 比重、アルコール分及びエキス関係

比重及びアルコール分は、BCOJビール分析法¹⁾ 8.4.3及び8.3.6（いずれもアルコライザー法）により、それぞれ測定した。これらの測定値を使用してBCOJビール分析法8.5エキス関係計算法により、エキス関係を計算した。

(2) 一般分析値

ガス圧及び酸度は、国税庁所定分析法²⁾ 8-3及び8-8-2B（pH計による方法）により、それぞれ測定した。pH及び苦味価は、BCOJビール分析法8.7及び8.15（International Method）により、それぞれ測定した。

(3) 有機酸

クエン酸、コハク酸、リンゴ酸、酢酸及び乳酸は、高速液体クロマトグラフ有機酸分析システム（株式会社島津製作所製）により測定した。

イ 機器構成

検出器：CDD-10Avp

ポンプ：LC-40D

システムコントローラー：CBM-40

オートインジェクター：SIL-40C

カラムオープン：CTO-40C

カラム：SCR-102H（ガードカラム）及び
Shim-pack SCR-102H×2（300×8
mm I.D.、分析カラム、連結）

ロ 分析条件

注入量：10 µL

カラム温度：40℃

流速：0.8 mL/min

移動相：5 mM p-トルエンスルホン酸

緩衝液：5 mM p-トルエンスルホン酸、0.1
mM EDTA、20 mM Bis-Tris

分析時間：40 min

ハ 分析操作

脱気した試料1 mLを攪拌後、0.2 µmシリンジ
フィルター（濾材：親水性アクリル共重合体）
によるろ過を行い、分析に供した。

3. 微生物検査

一般細菌の検出は、試料0.1 mLをシクロヘキシミド10 mg/Lを含むUBA Medium (Difco) の平板培地に塗布し、25℃、好気条件下、5日間培養後、出現したコロニー数から、1 mlあたりの菌数 (cfu/mL) を算出した。

乳酸菌の検出は、試料0.1 mLをシクロヘキシミド 10 mg/Lを含むラカレイ寒天培地 (Sigma-Aldrich) 及びMRS 寒天培地 (Difco) の平板培地にそれぞれ塗布し、25℃、嫌気条件下、7日間培養後、出現したコロニー数から、菌数 (cfu/mL) を算出した。結果は、「不検出 (<10 cfu/mL)」、「10~1,000 cfu/mL」及び「>1,000 cfu/mL」の区分で集計した。

4. 官能評価

官能評価による審査は、審査員18名 (国税局3名、ビール酒造組合3名、日本地ビール協会1名、日本ビアジャーナリスト協会1名、地ビール醸造技術者6名及び研究所職員4名、審査委員長 研究所理事長) により、令和4年3月23日 (水) 及び24日 (木) に実施した。官能評価による審査は、審査員を6名ずつの3グループに分けて、出品酒の約3分の1ずつを各グループが分担して実施した。出品酒は銘柄を伏せて、出品者の申告に基づ

く出品票記載の分類カテゴリに基づき審査グループ化し、各回5~7点で計18回実施した。室温は設定温度20℃とし、審査員個別のブースにおいて官能評価を行った。評価酒は審査直前まで冷蔵庫 (4℃) に保管し、審査直前に審査場に移した上で、審査員が自ら210 mL容のプラカップに3分の1程度注いだものを各審査員の自席で審査した。官能評価開始時の品温は6℃前後、審査終了時10℃前後であった。官能評価は「官能評価様式」(第1図) によるプロファイル法で行った。官能評価の結果について、合計点の平均値が12.0以上の出品酒を「入賞」とした。また、各回の審査において、総合評価が上位の出品酒1点ずつを投票により選出し、そのうち成分分析及び微生物検査で問題のなかった18点について、決審として審査員全員で再度官能評価を実施した。その結果、総合評価が最も優れた出品酒1点を投票により選出し、「最優秀賞」とした。

結 果

1. 出品状況

41社から107点の出品があった。前回³⁾と比較して5社2点減少した。

出品票記載の分類カテゴリ別出品数は第1表のとおりであった。

Beer Judging Sheet (ビール評価票)		Judge No. (審査員番号) _____	
Beer No. (ビール番号) _____			
Score (点数)	Comments (コメント)		
Appearance (外観) /4	Color (色) _____	negative	positive
	Clarity (透明度) _____	<input type="checkbox"/> Acetaldehyde (アセトアルデヒド)	<input type="checkbox"/> Estery (エステル)
	Foam (泡) _____	<input type="checkbox"/> Astringent (渋み)	<input type="checkbox"/> Hoppy (ホップ香)
Aroma (香り) /6	Malt (麦芽) _____	<input type="checkbox"/> Diacetyl (ダイアセチル)	<input type="checkbox"/> Malty (モルティ)
	Hop (ホップ) _____	<input type="checkbox"/> DMS	<input type="checkbox"/> Smooth (なめらか)
	Others (その他) _____	<input type="checkbox"/> Estery (エステル)	<input type="checkbox"/> Sweat (甘味)
Flavor and Body (味とボディ) /7	Malt (麦芽) _____	<input type="checkbox"/> Grassy (青臭さ)	
	Hop (ホップ) _____	<input type="checkbox"/> Light-Struck (日光臭)	
	Condition (熟成) _____	<input type="checkbox"/> Metallic (金属臭)	
	Aftertaste (後味) _____	<input type="checkbox"/> Musty (カビ臭)	
	Balance (バランス) _____	<input type="checkbox"/> Oxidized (酸化臭)	
Technical Quality (醸造技術品質) /3	Off flavor (オフフレーバー) _____	<input type="checkbox"/> Phenolic (フェノール臭)	
	Others (その他) _____	<input type="checkbox"/> Solvent (有機溶剤臭)	
		<input type="checkbox"/> Sour/Acidic (酸味)	
Total (合計) /20		<input type="checkbox"/> Sulfur (硫黄臭)	
		<input type="checkbox"/> Sweet (甘味)	
		<input type="checkbox"/> Yeasty (酵母臭)	
To the Brewer (ブルワーへの言葉) _____			

第1図 官能評価様式

第1表 分類カテゴリー別出品数

カテゴリー	出品数
①ラガー	18
②ウィートビール	22
③ペールビール (ペールエール、ケルシュなど)	24
④ダークビール (スタウト&ポーターを含む)	19
⑤フレーバードビール (フルーツ系を含む)	6
⑥サワー&ワイルドビール	2
⑦IPA	12
⑧スペシャリティビール (①～⑦に当てはまらないもの)	4
合 計	107

また、出品票記載のタイプやスタイルに基づき分類したものを第2表のとおりにまとめた。昨年までの分類カテゴリーを考慮し、エール、ラガーについては内訳を記載した。ゴールデンエールは3点、サワービールは2点の出品があったため、新たに区分した。昨年までのホワイトビールの区分はベルジャンホワイトに変更した。

なお、出品数の多いエール (33点)、ラガー (22点) 及びヴァイツェン (16点) については、それぞれのタイプにおける分析値等の解析を行った。

2. 成分分析

エール、ラガー、ヴァイツェン、その他及び出品酒全体について、成分分析値の平均値及び標準偏差を第3表から第5表に示した。

(1) 比重、アルコール分及びエキス関係

比重及びアルコール分の測定値から、原麦汁エキス分、外観エキス分及び外観発酵度が算出される。原麦汁エキス分は、仕込時に確定する麦汁の濃さを表す値である。外観エキス分及び外観発酵度は、アルコール分とともに、アルコール発酵の程度を表す値として、製造工程上、重要な管理指標である。製品数の多いエール、ラガー及びヴァイツェンで比較するとエールで外観エキス分及び外観発酵度の標準偏差が大きく、高発酵度でドライな酒質と反対に非発酵性糖によるボディを重視した酒質といった多様な酒質設計が行われていると推察した。

また、ラガーは外観エキス分が低く、外観発酵度は高めであり、味のキレやスッキリさを狙って、発酵を進めエキス分を少なくする意図によるものと推察した。

第2表 タイプ別出品状況

タイプ		出品数
エール (上面発酵)		33
うち	ペールエール (注1)	18
	アンバーエール (注2)	2
	ゴールデンエール (注3)	3
	インディア・ペールエール (IPA) (注4)	10
ラガー (下面発酵)		22
うち	ビルスナー、ライトラガー (注5)	16
	アンバーラガー (注6)	4
	デュンケル、シュバルツ	2
ヴァイツェン (注7)		16
スタウト (注8)		8
アルト (注9)		5
ベルジャンホワイト (注10)		5
ケルシュ (注11)		4
セゾン (注12)		4
フルーツビール (注13)		4
ポーター (注14)		2
サワービール (注15)		2
上記以外 (注16)		2
合 計		107

注1～16については、出品票記載の以下のタイプを含む。

- (注1) アメリカンペールエール、クラシック・イングリッシュスタイルペールエール、ベストビター、イングリッシュペールエールフリースタイルライトエール、アメリカンスタイル・ペールエール、アメリカンブラックエール及びダークビール
- (注2) アメリカンスタイルアンバー及びアメリカンスタイル・アンバーエール
- (注3) ゴールデンブロンドエール
- (注4) AMERICAN IPA、KEIPA、インペリアル・インディア・ペールエール、レッドセッションIPA及びアメリカンスタイル・IPA
- (注5) ライスラガー、ミュンヒナースタイル・ヘレス、ホップラガー、ケラービール (未ろ過ラガー)、ジャーマンスタイル・ビルスナー、ドルトムンダー、ジャーマンスタイルビルスナー、ポヘミアンビルスナー及びラガー
- (注6) ウィンナスタイルラガー及びバンベルグスタイルラオホビア
- (注7) ヘーフェヴァイツェン、南ドイツスタイルヘーフェヴァイツェン、南ドイツスタイル・ヘーフェヴァイツェン及びウィートビールの一部
- (注8) コーヒースタウト、ミルクスタウト、ドライスタウト及び木樽熟成ストロングビール (スタウト)
- (注9) デュセルドルフアルト及びデュッセルドルフスタイルアルトビア
- (注10) ウィートビールの一部、ベルジャンスタイルフルーツビール、ライトアメリカンウィート及びベルジャンホワイト
- (注11) ケルンスタイルケルシュ
- (注12) クラシックセゾン及びスペシャリティセゾン
- (注13) フルーツ系エール
- (注14) ロブストポーター及びブラウンポーター
- (注15) サワーエール及びHazy Sour IPA
- (注16) スペシャリティビール

第3表 出品酒の一般成分（アルコール分、比重、エキス分及び発酵度）分析値

タイプ	点数	アルコール分 (20℃, v/v%)		比 重 (20/20℃)		原麦汁エキス (w/w%)		外観エキス分 (w/w%)		外観発酵度 (%)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
エール	33	5.78	0.81	1.00999	0.00433	13.33	1.73	2.56	1.10	81.07	7.19
ラガー	22	5.65	1.23	1.00891	0.00315	12.84	1.77	2.29	0.81	81.85	5.46
ヴァイツェン	16	5.58	0.68	1.01009	0.00197	13.00	1.39	2.59	0.50	80.13	3.38
その他	36	5.53	1.05	1.01024	0.00543	12.93	2.06	2.62	1.38	80.13	9.04
全出品酒	107	5.64	0.97	1.00987	0.00426	13.05	1.80	2.53	1.08	80.77	7.11

第4表 出品酒の一般成分（ガス圧、苦味価、pH及び酸度）分析値

タイプ	点数	ガス圧 (20℃, kg/cm ²)		苦味価 (IBU)		pH		酸 度	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
エール	33	2.16	0.38	38.00	13.87	4.57	0.22	1.91	0.44
ラガー	22	2.25	0.22	24.05	5.61	4.65	0.18	1.93	0.38
ヴァイツェン	16	2.34	0.43	13.59	5.80	4.39	0.18	2.11	0.32
その他	36	2.19	0.62	22.71	9.93	4.33	0.29	2.36	1.27
全出品酒	107	2.21	0.46	26.34	13.19	4.48	0.27	2.09	0.82

第5表 出品酒の有機酸分析値

タイプ	点数	クエン酸 (mg/L)		コハク酸 (mg/L)		リンゴ酸 (mg/L)		酢 酸 (mg/L)		乳 酸 (mg/L)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
エール	33	310.1	57.5	120.3	46.5	204.6	59.3	63.9	58.9	179.2	86.7
ラガー	22	266.1	31.1	90.3	35.4	158.6	37.5	144.9	44.0	132.6	67.4
ヴァイツェン	16	239.3	25.7	126.9	68.0	142.5	24.2	266.2	75.2	175.8	84.9
その他	36	357.6	372.2	179.6	82.5	240.1	244.0	127.4	134.5	269.0	595.7
全出品酒	107	306.4	221.2	135.0	70.5	197.8	150.0	132.2	111.4	199.3	352.3

(2) 一般分析値

ガス圧は一般に、ヴァイツェン、ラガー、エールの順に高い設計値であり、出品酒も同様の傾向であった。

炭酸ガスの爽快感や泡持ちの良さを狙ってガス圧を高めにしたことが考えられるが、中には、3.0 kg/cm²を超える高いガス圧の製品もあった。ガス圧が高過ぎると、噴きの原因となりうる⁴⁾ことから、製造・品質管理上の問題がないか確認する必要があると考えられる。

苦味価は、ビールの主要な苦味物質であるイソ α 酸の濃度を反映する。一般にヴァイツェンは設計値が低く、エールはインディア・ペールエール（IPA）のような設計値が高いものが含まれるが、出品酒の傾向はこれらと一致していた。また、エールは標準偏差が大きく、多様性の大きさを反映していた。

pHは、ビール中の抗菌性物質であるイソ α 酸の抗菌性に大きな影響を与える。pHが高い

とイソ α 酸の抗菌性が十分に発揮されないため、微生物汚染のリスクが高くなる。また、乳酸菌等による汚染が見られる場合に低い異常値となることがある。ラガーでやや高い傾向が見られたが、極端に高い場合には製造管理上注意が必要である。

酸度は、有機酸の濃度を反映し、乳酸菌等による汚染が見られる場合に高い異常値となることがある。一般にホップの苦味と酸味は双方が高いと調和が難しいため、ホップの多いエールやラガーではやや低め、ヴァイツェンでやや高めの傾向が見られた。その他区分においては、サワービール2点が含まれていることから、pH及び酸度の平均値及び標準偏差が大きかった。

(3) 有機酸

ビール中の有機酸の由来は、麦芽から移行するもの、発酵中に酵母が生成するもの及び発

酵・貯蔵中に汚染微生物が生成するものに大別される。クエン酸は、主に麦芽に由来する。その他の有機酸は主に発酵中に酵母が生成する⁵⁾。ラガーはコハク酸の平均値が低かった。酢酸は昨年と同様にエールが低い一方で、ヴァイツェンで高い特徴がみられた。また、フルーツビールでは原料由来のクエン酸及びリンゴ酸が多く含まれていたものがあつた。その他区分においては、サワービール2点が含まれていることから、乳酸の平均値及び標準偏差が大きかった。

3. 微生物検査

(1) 微生物分析結果

微生物分析の結果を第6表に示した。UBA培地（好気条件）ではビール中に生育する一般細菌、MRS培地及びラカ-レイ培地（嫌気条件）では主に乳酸菌が生育する。乳酸菌をはじめとする微生物汚染は、ビールの香味に悪影響を及ぼす懸念があり、1mlあたり1,000個を超える微生物が検出されたものは、品質管理上大きな問題があるといえる。本年度においても、昨年同様に出品酒の約3割からいずれかの培地で微生物が検出されており、うち3点から1,000cfu/mLを超える微生物が検出された。

なお、タイプ別の傾向は特に見られなかった。

(2) 微生物検査と有機酸分析値の関連

2(3)で実施した有機酸分析値を、微生物検出区分ごとに抽出した結果を第7表に示した。10~1,000cfu/mL及び1,000cfu/mL超の区分において、乳酸含有量が高い値となったが、個別の分析値からは乳酸菌汚染が原因と強く示唆される出品酒は見られなかった。

また、酢酸については顕著な差が認められなかったことから、今回検出された微生物汚染に関しては、酢酸菌の関与が少なかったことが推測された。

なお、日本に特徴的な微生物汚染の要因として、特性（原エキス分、苦味価、発酵温度、使用酵母、真正エキス分等）や微生物抵抗性の異なる多種の製品が設備を共用して製造されていることや高温多湿な気候が考えられる。

4. 官能評価

今回出品のあつた107点について、第1図の官能評価様式によって官能評価を行った。

Appearance（外観）、Aroma（香り）、Flavor and Body（味とボディ）、Technical Quality、(醸造技術品質)について、それぞれ4点、6点、7点及び3点満点で0.5点単位の尺度評価を行い、これらの合計値をTotal（合計）とした。Appearance

第6表 微生物検査のタイプ別集計結果

使用培地（内訳）		点数	不検出 (<10 cfu/mL)	10~1,000 cfu/mL	>1,000 cfu/mL
UBA	エール	33	24	9	0
	ラガー	22	18	4	0
	ヴァイツェン	16	11	5	0
	その他	36	20	13	3
	全出品酒	107	73	31	3
MRS	エール	33	31	2	0
	ラガー	22	20	2	0
	ヴァイツェン	16	14	2	0
	その他	36	31	3	2
	全出品酒	107	96	9	2
ラカ-レイ	エール	33	30	3	0
	ラガー	22	19	3	0
	ヴァイツェン	16	13	3	0
	その他	36	32	2	2
	全出品酒	107	94	11	2
いずれかの培地で検出	エール	33	24	9	0
	ラガー	22	18	4	0
	ヴァイツェン	16	11	5	0
	その他	36	20	13	3
	全出品酒	107	73	31	3

第7表 微生物検出区分別の有機酸分析値

	点数	クエン酸 (mg/L)		コハク酸 (mg/L)		リンゴ酸 (mg/L)		酢酸 (mg/L)		乳酸 (mg/L)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
不検出 (<10 cfu/mL)	73	304.2	254.00	127.3	62.13	206.3	177.82	125.3	106.50	154.6	66.72
10~1,000 cfu/mL	31	302.6	114.26	144.7	82.87	177.9	49.16	142.8	109.29	294.3	640.30
>1,000 cfu/mL	3	401.7	246.12	223.3	78.77	195.3	91.24	190.0	247.97	306.0	197.89
合計	107	306.4	221.19	135.0	70.51	197.8	149.95	132.2	111.38	199.3	352.32

第8表 官能評価評点のタイプ別平均値及び標準偏差

タイプ	点数	Appearance (外観)		Aroma (香り)		Flavor and Body (味とボディー)		Technical Quality (醸造技術品質)		Total (合計)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
エール	33	3.72	0.26	4.43	0.72	4.80	0.75	2.28	0.43	15.24	1.84
ラガー	22	3.72	0.36	4.54	0.69	5.07	0.64	2.27	0.36	15.61	1.60
ヴァイツェン	16	3.56	0.40	4.06	0.67	4.73	0.81	2.19	0.34	14.54	1.82
その他	36	3.66	0.35	4.41	0.83	4.72	0.79	2.16	0.56	14.95	2.21
全出品酒	107	3.68	0.34	4.39	0.75	4.82	0.75	2.23	0.45	15.11	1.93

第9表 タイプ別指摘項目及び指摘を受けた出品酒数

タイプ	点数	negative															positive						
		Acetaldehyde (アセトアルデヒド)	Astringent (渋み)	Diacetyl (ダイアセチル)	DMS	Estery (エステル)	Grassy (青臭さ)	Light-Struck (日光臭)	Metallic (金属臭)	Musty (カビ臭)	Oxidized (酸化臭)	Phenolic (フェノール臭)	Solvent (有機溶剤臭)	Sour/Acidic (酸味)	Sulfur (硫黄臭)	Sweat (甘味)	Vegetal (野菜臭)	Yeasty (酵母臭)	Estery (エステル)	Hoppy (ホップ香)	Malty (モルチニー)	Smooth (なめらか)	Sweat (甘味)
エール	33	6	17	10	2	5	10	3	2	2	12	2	1	3	3	7	11	5	10	21	13	8	7
ラガー	22	7	13	6	10	8	4	2	1	0	10	1	0	5	2	8	4	2	3	4	9	8	5
ヴァイツェン	16	2	6	4	4	4	0	1	0	1	5	3	3	3	7	4	5	5	9	0	1	3	3
その他	36	6	14	11	4	8	8	1	1	0	10	6	4	12	6	3	11	7	17	6	15	5	5
全出品酒	107	21	50	31	20	25	22	7	4	3	37	12	8	23	18	22	31	19	39	31	38	24	20

(注) 1名以上から各指摘を受けた出品酒の点数。例えば、エールの「Acetaldehyde (アセトアルデヒド)」が「6」は、エールにおいて「Acetaldehyde (アセトアルデヒド)」の指摘を1名以上から受けた出品酒が6点であったことを示す。

(外観) はColor (色)、Clarity (透明度) 及びFoam (泡) とした。Aroma (香り) はMalt (麦芽)、Hop (ホップ) 及びOthers (その他) とした。Flavor and Body (味とボディー) はMalt (麦芽)、Hop (ホップ)、Condition (熟成)、Aftertaste (後味)、Balance (バランス)、Others (その他) 及びBody (ボディー) とした。Technical Quality (醸造技術品質) はOff flavor (オフフレーバー) 及びOthers (その他) のそれぞれ総合的な評価と定

義した。また、Technical Quality (醸造技術品質) の評価は他の尺度評価に影響し得る。

タイプ毎の平均値及び標準偏差を第8表に示した。ラガーはTotal (合計) の平均値が高かった。ヴァイツェンにおいてAroma (香り) 及びTotal (合計) の平均値が低かった。

指摘項目は、1名以上から指摘を受けた出品酒の数を第9表に示した。好ましくない項目 (negative) では、Astringent (渋み)、Diacetyl (ダ

イアセチル)、Oxidized (酸化臭)、Vegetal (野菜臭) は全体的に指摘が多く見られた。

渋みは、主に麦芽の穀皮及びホップの苞から溶出するポリフェノールに由来し、糖化及び濾過工程における過剰な溶出や煮沸工程における凝集の不足により生じるが、製成後の酸化劣化にも起因する。

ダイアセチルは、発酵不良、不十分な後発酵等に由来し、特にろ過によって酵母を除去した製品では顕在化のリスクが高い。

酸化臭は、麦汁への脂質の混入、仕込工程及び製成後の酸素の混入、高い貯蔵温度等により増加する。

野菜臭の原因物質にはDMS、アルデヒド等があるが、いずれも個別の指摘項目があり、別の原因物質としては、発酵不良等に由来するジメチルジスルフィド (DMDS) が考えられる。

タイプ別では、エールでHoppy (ホップ香) の

評価が多く見られ、エールの特徴をうまく構築できていると考えられた。

また、ラガーではDMS及びEster (エステル) の指摘が多いが、繊細な酒質のラガーではこれらのオフフレーバーが特に忌避されるためと考えられた。

文 献

- 1) ビール酒造組合国際技術委員会：改訂BCOJビール分析法，日本醸造協会（2013）
- 2) 国税庁所定分析法：改正令和4年国税庁訓令第8号（2022）
- 3) 伊藤伸一、矢澤 彌、磯部香緒里、寺本聡子、江村隆幸：酒類総合研究所報告，193，33（2021）
- 4) Peter W. Gales: Brewing Chemistry and Technology in the Americas, 185（2007）
- 5) Whiting, G.C.: *J. Inst. Brew.*, 82, 84（1976）