溶存酸素制御によるマヨネーズの酸化防止

Protection against Oxidation in Mayonnaise by the Control of Dissolved Oxygen

小林英明

キューピー株式会社 研究所
〒183-0034
東京都府中市住吉町 5-13-1

Hideaki KOBAYASHI
R&D Division, Q.P. Corporation
5-13-1, Sumiyoshi-Cho, Fuchu-Shi,
Tokyo, 183-0034, JAPAN

高宮 満

キューピー株式会社 研究所
〒183-0034
東京都府中市住吉町 5-13-1

Mitsuru TAKAMIYA
R&D Division, Q.P. Corporation
5-13-1, Sumiyoshi-Cho, Fuchu-Shi,
Tokyo, 183-0034, JAPAN

長谷川 峯夫

キューピー株式会社 研究所
〒183-0034
東京都府中市住吉町 5-13-1

Mineo HASEGAWA
R&D Division, Q.P. Corporation
5-13-1, Sumiyoshi-Cho, Fuchu-Shi,
Tokyo, 183-0034, JAPAN

論文要旨：各種の食品が、空気中の酸素によって酸化されることにより風味劣化を起こすことは広く知られている。マヨネーズは水中油型乳化食品であり、植物油、卵黄など多価不飽和脂肪酸を含む脂質成分が配合されており、しかも卵黄由来の鉄イオンも豊富に含まれるため、酸化による品質劣化が起りやすい食品である。そこで、海外で市販されている製品では EDTA などの酸化防止剤を配合し酸化劣化を防ぐことが一般的となっている。一方、日本でのマヨネーズ製造 80 年の歴史においては、製造工程や容器包材において徹底的な酸素遮断を行うことでは品位の安定した製品を作ってきた。

しかし、食品の風味は非常に微妙であり、ごくわずかな変化ではあるが、やはり若干の酸化劣化は進行している。いつでも、どんな場面でもマヨネーズをよりおいしくお客様に味わっていただきたいと考えた時、溶存酸素 (DO) に着目した。食品中の DO 制御技術は、ビール、コーヒー、牛乳などの微妙な風味を大切にす飲料分野では導入されている例があるが、マヨネーズなどの高粘性の乳化食品については、従来技術的に容易ではなく一般的ではなかった。

そこで、まず高粘性の乳化食品の DO 測定法を検討し、非破壊蛍光式溶存酸素計を用いることで DO 測定を可能とした。次に、液体原料の DO を予め N_2 バブリング法にて下げ、他工程でも酸素巻き込みをさせないことでマヨネーズ充填直後の DO を低い範囲に制御する製造工程を可能とした。こうすることで、マヨネーズなど高粘性の乳化食品においても、DO 制御技術により長期保存中の酸化劣化を今まで以上に防げることを確認した。

この DO 制御技術は、2002 年 12 月よりキューピーマヨネーズにおいて導入され、お客様にマヨネーズのおいしさをより楽しんでいただけるようになった。

Abstract: Mayonnaise is an oil-in-water emulsion formulated with egg yolk and vegetable oil. Since the oil is high in polyunsaturated fatty acids, mayonnaise is very susceptible to oxidation and subsequent loss of quality. In countries other than Japan, the addition of EDTA has been implemented to prevent the oxidation of mayonnaise. However, we in Japan have been testing alternative methods of preventing oxidation by controlling the amount of oxygen from outside through the packaging.

Since this oxygen control alone cannot maintain the long-term quality of mayonnaise, we have studied the effects of controlling the level of dissolved oxygen (DO). However, this method has not been used in a high-density emulsified food before. In this study, we first measured the amount of DO in mayonnaise with a non-invasive fluorescence type DO sensor. Next, we produced mayonnaise with various levels of DO. Finally we analyzed the amount of DO and the flavor of the mayonnaise.

As a result, we confirmed that without the addition of an antioxidant such as EDTA, we could avoid the oxidation during storage of mayonnaise by controlling the level of DO.

Key words: Mayonnaise, Oxidation, Dissolved Oxygen, EDTA, Non-Invasive Fluorescence Type DO Sensor

1 はじめに

マヨネーズは、食用植物油脂と卵黄と醸造酢などを主要原料として乳化した o/w エマルションであり、代表的な乳化食品の一つである。使用できる原料は「農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律（JAS 法）」におけるドレッシングの品質表示基準に制定されており、定められた原材料以外のものを使用した場合、マヨネーズと呼ぶことができない¹⁾。卵黄型マヨネーズの配合一例を Table 1 に示した。

マヨネーズの発祥は、1700 年代地中海に浮かぶメノルカ島（現スペイン）にまでさかのぼる説²⁾が有力である。人類が鶏卵を食べるようになり、卵黄と液状の植物油を混ぜて乳化することを発見した。ここで得られたマヨネーズソースは半固体状であり、液状油を半固体状に加工することでさらに油脂のおいしさを引き出した加工食品ともいえる。

この卵黄型マヨネーズは、おいしさだけでなく栄養面からも優れた役割がある。それは、植物油由来の一価不飽和脂肪酸（オレイン酸）をはじめ、卵黄に含まれるリン脂質（ホスファチジルコリンなど）やこれを構成するドコサヘキサエン酸やアラキドン酸などの多価不飽和脂肪酸、近年眼の健康を保つ成分として注目を集めているルテイン³⁾などのカロテノイド類、また普段の食事から摂りにくい貴重なミネラルであるカルシウムや鉄などの微量機能成分を豊富に含んでいることである。また、こ

れらが数 μm レベルの微細な o/w エマルションとして摂取されることで、良好な吸収性も期待される。

さらに最近では、この卵黄型マヨネーズが野菜の力を引き出す調味料であることもわかってきた。緑黄色野菜のカラフルな彩りをもたらすカロテノイド類は、野菜に含まれる重要な栄養素である。このカロテノイド類には β -カロテンなどがあり脂溶性抗酸化ビタミンともいわれるが、単に生野菜や野菜ジュースとして摂取した場合、実は我々の身体にはなかなか吸収されにくい。例えばこの β -カロテンを豊富に含むニンジンをも卵黄型マヨネーズと一緒に食べると、 β -カロテンの吸収率は、ニンジンそのままやニンジンジュースに比べて有意に高まることが健康成人への投与試験で確認された⁴⁾。またこの作用には卵黄リン脂質の働きと o/w エマルションの関与が考えられている⁵⁾。

つまり卵黄型マヨネーズは、それ自体各種の微量栄養成分を豊富に含んでいる食品であるとともに、どんな食材とも相性がよく、この食材中の微量栄養成分を効率よく体内に取り込むことを助ける機能性調味料であるともいえる。

2 マヨネーズの酸化要因

マヨネーズには、以上のような優れた特性があるが、これは食品としておいしく食べられることが前提である。防腐剤などを用いなくても、原料である醸造酢や食塩の効果により微生物的には充分長期間の保存が可能であるが、酸化による風味の劣化に対してはやはり注意が必要である。

一般に、食品の酸化要因としては、酸素、光、温度、遷移金属（銅、鉄イオン）などが挙げられるが、いろいろな原料を含む加工食品の場合には、特にこの遷移金属に注意が必要である。生体内の脂質過酸化反応の開始

Table 1 Formulation Example of Mayonnaise (Egg Yolk Type)

Vegetable Oil	70 g
Egg Yolk	15 g
Vinegar	12 g
Others (Salt etc.)	3 g

には、微量鉄イオンの重要性が高いといわれるが⁶⁾、卵黄など食品成分の場合も同様であり、この鉄イオンが食品中に微量存在する脂質 hydroperoxide (LOOH) をレドックス分解し容易にラジカルを生じ、自動酸化の連鎖反応を開始してしまう⁶⁾。

卵黄中には約 60 mg/kg の鉄が含まれ⁷⁾、これを卵黄配合量 15% の卵黄型マヨネーズに換算すると約 9 mg/kg に相当する。たとえば植物油の場合、その保存性を半減させるのに必要な遷移金属量は、銅 0.05 mg/kg、鉄 0.6 mg/kg と極微量であるといわれており⁸⁾。この点からもマヨネーズの酸化要因として、鉄イオンに注意が必要になることがわかる。つまり、卵黄型マヨネーズは重要な栄養成分である鉄イオンを豊富に含む一方、加工食品としてその保存性を考える場合には、酸化防止対策が重要となる。

このような背景から、海外で市販されているマヨネーズにおいては、鉄キレート効果のあるエチレンジアミン四酢酸カルシウム二ナトリウム (EDTA・Ca・2Na) などの酸化防止剤が添加される²⁾ ことが一般的となっている。

3 日本におけるマヨネーズの酸化防止対策の流れ²⁾

1925 (大正 14) 年に、日本で初めてキューピーマヨネーズが製品化されてから 80 年、すでに日本人の食卓には欠かせない食品となっているが、この間実際に市販されている製品における工夫を振り返りながら、現実的な酸化防止対策を見てみよう (Fig. 1)。

卵黄型マヨネーズの設計において、卵黄の鉄イオンは貴重なミネラル供給源であるが、酸化安定性の面からは鉄イオンの働きを抑えこんでおきたい。しかも、できるだけ酸化防止剤などの添加物には頼りたくないと考え、どうしても酸化の元の原因である「酸素」に注目していくことになる。つまり、できるだけ鮮度の良い (酸

化劣化していない) 原料素材を用い、あとは徹底的に製造工程や製品中から酸素を排除していくことで酸化を防ぎ品質を保持する考え方である。

まず、マヨネーズ製造開始から間もない 1926 (大正 15) 年に真空ミキサーを導入し、乳化時に巻き込む酸素を除いた。当時はガラス瓶入りであり、包材面では外部から透過する酸素はほぼ遮断できていた。

1958 (昭和 33) 年には、フレキシブルなプラスチック容器 (ポリエチレン製) 入りの市販を始めた。この新容器導入で、ガラス瓶入りに比べ、いろいろな食の場面で使える汎用性を高めることができた。一方でポリエチレンは比較的酸素透過性が高いため、容器からの外部侵入酸素対策が必要となった。

1972 (昭和 47) 年に、酸素透過性の低いエチレンビニルアルコール樹脂 (EVOH) をポリエチレン層にサンドイッチした多層容器を導入することで、ガラス瓶にほぼ匹敵する酸化安定性を実現することができた。このフレキシブルな多層容器の完成で、ガラス瓶では得られない汎用使用特性と酸化安定性を同時に満たすことができるようになり、食卓においてマヨネーズをより身近なものとすることができた。

その後、おいしさをより保つために容器口部のアルミシール化 [1988 (昭和 63) 年] やヘッドスペースの窒素置換 [1998 (平成 10) 年] を行い、外因性酸素に関してはほぼ遮断できたといえる。

ここまでの酸化防止対策で、いろいろの場面においても使いやすいフレキシブルな多層容器入りで、しかも室温 7 ヶ月の賞味期間の間おいしく食べることでできる製品を提供することができた。

4 マヨネーズの溶存酸素に着目

このように、マヨネーズという商品特性に応じた酸化防止対策を長年講じてきたが、食品の風味というもの是非常に微妙なものである。ごくわずかずつではあるが、やはり賞味期間中において若干の酸化劣化は進行していると考えられた。マヨネーズは、調味料として本当にいろいろの食材と合わせてお使いいただく場合がある。いつでも、どんな場面でも、マヨネーズをよりおいしくお客様に味わっていただきたいと考えた時、新たな切り口として他分野の食品、特に嗜好品として微妙な味わいを追求する酒類や飲料分野の動きに着目してみた。

ビール⁹⁾、日本酒¹⁰⁾、缶コーヒー¹¹⁾、牛乳¹²⁾ などの分野では、微妙な風味を酸化劣化させずに維持していくために、製品そのものに含まれている酸素すなわち「溶存酸素 (DO)」に注目していた。この DO は、ごく微量であっても食品成分に直接接するため重要であり、近年こ

Fig. 1 The Strategy of Oxidation Stability of Mayonnaise.

の DO 制御を実用化することで本格的な味わいを追求する製品が生まれてきている。たとえば、缶コーヒーの製造工程においては仕込み原料である水などの DO を低く保ち、その後の抽出、ろ過、充填までの工程でも酸素を巻き込まない状態で加熱殺菌を行うなどの工夫もされている¹¹⁾。またビールの場合には、そのおいしさを維持するために製品中の DO 量が、0.1 ppm 程度と非常に低いレベルでコントロール⁹⁾されているようであった。

マヨネーズという乳化食品は、飲料など水系溶液状食品とは異なり、植物油を主要原料として含んでいる。実は、Fig. 2 に示すとおり、この植物油にはその性質上、水の約 5 倍 (1 気圧、大気下で約 27 mL/L) もの酸素が溶ける¹³⁾ことが知られており、この酸素量は、すべてが過酸化物質に変化したとすると、過酸化物質価 (POV) = 4.7 meq/kg にも相当するレベルである¹³⁾。こうみると、水系溶液状食品以上に DO に注意を払う必要があることがわかる。

しかし、マヨネーズやドレッシングなどの半固体状乳化物やタルタルソースのような具材入り乳化食品においては、その取り扱いにくさのためか、DO の測定や制御方法に関して、従来あまり検討されていなかったと思われる。そこで我々は、まずこれら半固体乳化食品の DO をどのように計測するかを検討した。

5 半固体状乳化食品の溶存酸素測定法¹⁴⁻¹⁵⁾

5.1 ポーラログラフ式 DO 計 (希釈法)

ポーラログラフ式センサーは、測定原理上試料中の酸素を消費するため、測定液を常に攪拌しておく必要がある。つまり測定試料の流動性が必要である。そこで予め窒素バブリングなどの方法で調製した脱酸素水を用意し、これで粘性の高い乳化液状ドレッシングを 2～3 倍に希釈し流動性を高めて測定し、得られた数値から希釈倍率を用いて算出した。この方法で、乳化液状のサウザンアイランドドレッシングの DO 測定が可能となった。(Fig. 3)

Fig. 2 The Amount of Dissolved Oxygen in Vegetable Oil and Water (1 atm, 25°C, saturated in the air).

5.2 非破壊蛍光式酸素計

マヨネーズは乳化ドレッシング類よりも一般的に粘度が高く、このため 5・1 ポーラログラフ式 DO 計 (希釈法) ではなかなか安定した結果が得られなかった。そこで、なにか良い方法がないものかと探していたところ、特殊な蛍光染料を用いて光学的に酸素濃度を測定できるセンサー (アメリカ OxySense 社製 OxySense 101) が実用化されたことを知った。

このセンサーには特徴が 2 つあり、1 つは、測定原理上試料中の酸素を消費しないため、試料を動かす必要がないこと。もう 1 つは、光を透過する食品容器であれば、この蛍光染料フィルムを内部に付けた状態で食品を充填、密封することで、未開封のまま外部から光学的に内部の酸素濃度 (ヘッドスペースガス及び DO) が測定できることである¹⁶⁾。このため飲料やその包材開発において、その優れた特徴が活かされつつある。我々はこのセンサーであれば、半固体状であるマヨネーズの DO 測定も可能となるのではと考え応用してみた。その結果、予めプラスチックボトル容器の内側に蛍光染料フィルムを貼り付けておき、ここにマヨネーズを充填、密封することで、製品保管中の経時的な DO 変化をこのセンサーで追うことができるようになった。(Fig. 4)

6 マヨネーズ、ドレッシングでの溶存酸素制御¹⁴⁻¹⁵⁾

6.1 ドレッシングの DO 制御例

植物油 38%、醸造酢 6%、卵黄 1.2%などを配合し、ピクルスなどの固形具材も含有した乳化液状ドレッシングとして、サウザンアイランドドレッシングの調製例を示す。

Fig. 3 The Procedure for Measuring the Amount of Dissolved Oxygen in o/w Emulsified Food Products (A) Polarography DO sensor (dilution method).

Fig. 4 The Procedure for Measuring the Amount of Dissolved Oxygen in o/w Emulsified Food Products (B) non-invasive fluorescence type DO sensor.

まず、液体原料である植物油、清水、醸造酢などのDOを予め低減する。これは、一般に原料が1気圧の大気に接した状態では、ほぼその条件下で飽和DO（分圧：20.9% O₂）に平衡化しているため、N₂バブリング処理を行い2.0% O₂までDOを減じた。次に、植物油以外の原料を真空ミキサー中に入れて混合し、続いて少量ずつ植物油を加え真空下（20 kPa）で乳化を行う。さらに65℃で30分間加熱殺菌を行い、外気を巻き込まないように手早く細口のガラス瓶に200 mLずつ充填し、ヘッドスペースをN₂置換した後密封した（低DO区）。対照として、植物油、清水、醸造酢のDOが高い状態で同様に試作したもの（高DO区）とこれに酸化防止剤としてEDTA・Ca・2Naを100 mg/kg添加したもの（EDTA区）を同様に調製した。

これらのDO挙動を、乳化終了時（加熱殺菌前）、加熱殺菌・充填直後、35℃遮光保存で3、7、10週間後の計5点について、5・1に示したポーラログラフ式DO計（希釈法）を用いて測定し、合わせて官能評価も行った。

Fig. 5に示すとおり、高DO区とEDTA区は、乳化終了時でそれぞれ約15、13% O₂の高いDO値を示し、加熱殺菌の前後にて3% O₂程度の酸素消費が見られた。その後35℃保存、3週間後で急激にDOが低下し2-3% O₂レベルとなり、10週間後にはほぼ完全にDOが消費されていた。一方、低DO区では乳化終了時で4.0% O₂程度であり、35℃保存、7週間後までほとんど変化なく、最終的に10週間後でほぼ完全にDOが消費されていた。

外部から侵入する酸素がほぼ無いとすると、加熱殺菌

Fig. 5 Dissolved Oxygen Concentration Profile in Emulsified Salad Dressing During Storage at 35°C for 10 Weeks without Light.

後ガラス瓶に密封されてから 35℃ 保存, 10 週間後までの全 DO 消費量が容器内のドレッシングの酸化に消費された酸素量となる。この消費酸素量は, 低 DO 区が 3.2% O₂ であったのに対し, 高 DO 区, EDTA 区は 8.2, 10.7% O₂ となり差が見られた。これら 10 週間後の試料を官能評価してみると, EDTA 区はキレート効果により良好な風味を維持していたが, 高 DO 区は製品特有の風味が減じるとともに酸化臭が感じられた。一方低 DO 区は, ほぼ良好な風味を維持しており, 合成のキレート剤を用いなくても, DO 制御により風味が維持できることが確認できた。

EDTA 区に関しては, 酸素消費によりドレッシング中で一次酸化生成物であるヒドロパーオキサイドは増加するものの, キレート効果により鉄イオンが不活化されることで, アルデヒド類など二次酸化生成物への変化が抑えられ風味劣化が抑えられていると考えられた。

6.2 マヨネーズの DO 制御例

次に植物油 72.5%, 醸造酢 10%, 卵黄 7.2% を配合したマヨネーズの調製例を示す。

6.1 サウザンアイランドドレッシングの場合とほぼ同様に, 液体原料の DO を予め調整することで, 低 DO 区と高 DO 区の試料を調製した。ただし, マヨネーズの場合は, 真空ミキサーで粗乳化後, コロイドミルで仕上げ乳化を行い, 外気を巻き込まないように手早く細口のプラスチック製多層容器 (酸素透過性 30 cc/m²·day·atm 以下) に 500 g ずつ充填し, ヘッドスペースを N₂ 置換した後, アルミシールで口部を密封した。これらを 5℃ にて 1 週間遮光保存し, その後温度を 20℃ とし約 7 週間後まで保存を続けた。その際の DO 挙動を Fig. 6 に示した非破壊蛍光式酸素計にて測定した。

その結果, Fig. 6 に示すとおり, 5℃, 1 週間保存においては高 DO 区と低 DO 区ともにほとんど酸素消費が見られなかった。すなわち, 家庭の冷蔵庫内に近い保存温度帯ではほとんどマヨネーズの自動酸化は進行しにくいということが, 直接ボトル内の DO 測定により確認された。次に, 保存温度を 20℃ まで上昇させると, 両試料ともに急激な DO 低下が見られ 20℃ において 2, 3 週間ではほぼ定常化していた。

プラスチック製多層容器の外部から侵入する酸素がほぼ無いとすると, 保存 7 週間までにこのマヨネーズの酸化で消費された酸素量は, 低 DO 区が 4.7% O₂ であったのに対し, 高 DO 区は 8.7% O₂ となり, 約 4% O₂ の差が見られた。すなわち, 乳化ドレッシングの場合と同様に, 製造直後の製品 DO を低く保つ製造条件をとることで, 製品保存中の酸化劣化を極力抑えることができると考えられた。

Fig. 6 Dissolved Oxygen Concentration Profile in Real Mayonnaise During Storage at 5 → 20°C for 46 Days Without Light.

7 おわりに

従来酒類, 飲料など水系溶液食品分野で先端的に導入されてきた DO 制御の考え方は, なるべく添加物などに頼らない自然にやさしい品質保持技術の一つとして重要と考えられた。しかし, この考え方をマヨネーズ, ドレッシングなど半固体状で, しかも酸素の溶けやすい油脂を主要原料として含む乳化食品において実現する上では, 新たな DO 計測法の工夫と品質評価技術が必要であった。

一般には, できるだけ食品中の DO を下げることが酸化劣化を防ぐうえで重要と考えられるが, 一方で微妙な味わいに微量酸素が重要な働きを果たす場合がある。すなわち, 今回我々が扱ったマヨネーズなどの場合にも, 過度に DO を低下させると醸造酢のツンとした刺激臭がやや強くなり, 味のバランスが崩れる場合があった。このため, 微妙なおいしさを設計していくためには, 対象となる食品に応じて細かな DO 制御が必要とされると思われる。

キューピーマヨネーズにおいては, この DO に着目した考え方を導入し, 2002 年 12 月より「おいしさロングラン製法」として実用化した (Fig. 1)。そして, ポリボトル入り製品の賞味期間も常温で 7 ヶ月から 10 ヶ月に延長され, お客様により長い期間おいしさを楽しんでいただけになった (Fig. 7, 8)。

先に述べたように, 海外のマヨネーズにおいては, EDTA などの添加物による品質保持が一般的となっているが, 日本のマヨネーズにおいては, 今回述べたような独自の酸化防止アプローチを行ってきたといえる。しかし, 食品のおいしさを追求していく上では, 「酸素」との戦いに終わりはなく, また新たな創意工夫も必要で

Fig. 7 Taste profile in Kewpie's Real Mayonnaise (Egg Yolk Type) During Storage at 25°C for 10 Months.

Fig. 8 Results of Sensory Scores for Kewpie's Real Mayonnaise (Egg Yolk Type) after Storage at 25°C for 10 Months.

あろう。

DO 制御による品質保持技術は、非常にシンプルな考え方であるので、従来取り入れられていなかった加工食品や医薬品、化粧品など他分野にも今後応用が期待される。

文 献

- 1) 農林水産省総合食品局品質課, 農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律, 中央法規出版, (2002).
- 2) 小林幸芳, マヨネーズ・ドレッシング入門, 日本食糧新聞社, (2005).
- 3) G.J. Handelman, Z.D. Nightingale, A.H. Lichtenstein, E.J. Schaefer & J.B. Blumberg, *Am. J. Clin. Nutr.*, 70, 247-51 (1999).
- 4) 圓島蘭子, 竹内綾子, 増田泰伸, 久能昌朗, 長谷川峯夫, 丸山千寿子, 第 59 回 日本栄養・食糧学会大会 (2005).
- 5) 瀧澤佳津枝, 荻野裕司, 木村守, 増田泰伸, 久能昌朗, 長谷川峯夫, 日本農芸化学会 2004 年度大会.
- 6) 寺尾純二, 油化学, 41, 750-6 (1992).
- 7) 科学技術庁資源調査会編, 五訂 日本食品成分表, 女子

栄養大学出版部, p.258 (2005).

- 8) 太田静行, 食品と酸化防止剤, (株)食品資材研究会, p.19 (1987).
- 9) 篠塚健, 高塩仁愛, 金田弘挙, 山岸信久, 日本農芸化学会誌, 74, 967-73 (2000).
- 10) 石原直樹, 岡本匡史, 平岡信次, 川北貞夫, 中村輝也, 特開平 10-313850.
- 11) 玉置洋司, 六鹿靖務, 浅野浩司, 早川義信, 特許第 2747867 号.
- 12) 稲垣宏樹, 伊藤啓人, 大久保絢子, 久保田康史, 平田寿友, 中坪正, 見城尚義, 特許第 3083798 号.
- 13) 安田耕作, 食用油とその生産, 幸書房, p.174-6 (1992).
- 14) 小林英明, 有泉雅弘, 重松康彦, 高宮満, 松田始, 坂部展久, 再公表 WO 2003/077677.
- 15) H. Kobayashi, M. Ariizumi, H. Matsuda, N. Sakabe, Y. Shigematsu & M. Takamiya, Effect of dissolved oxygen on oxidation of Mayonnaise, 95th AOCS Annual Meeting & Expo. 2004, Cincinnati, USA.
- 16) Draaijer, A. *et al.*, A novel optical method to determine oxygen in beer bottles, *EBC congress 1999*, Cannes, France.