

管理栄養士養成課程における食品学実験に関する考察

— 実験方法の理解と手技習得について —

Educational Effects of Food Chemistry Experiment for Registered Dietitian Course

玉田 葉月 浅野(白崎)友美 吉田明日美

Hazuki TAMADA Tomomi ASANO (SHIRASAKI) Asumi YOSHIDA

堀西恵理子 藪田 邦博

Eriko HORINISHI Kunihiro SONODA

1. はじめに

他の科学技術の分野と同様に、近年では食品の品質解析や成分分析の技術が急速に進歩している。特に食品中の機能性成分研究が盛んに行われているが、それには食品学や栄養学研究の基礎として食品成分の分析が必要不可欠である¹⁾。また、平成14年に施行された健康増進法では栄養表示基準が定められており、食品を販売するにあたっては、合理的な推定に基づく場合以外は規定の分析方法により算出された値を表示することが義務付けられている^{2,3)}。このような現状を受け、食の専門家としての管理栄養士は、食品の成分全般に対する正しい知識を身に付けることが求められ、その教育においては、前述の現状に対応した内容が必要であると考えられる^{4,5)}。

また、EBN (evidence-based nutrition: 科学的根拠に基づく栄養学) という概念が、栄養学の基本理念として根付きつつある。これは、「食品学や基礎的な実験研究によって明らかにされた事実を参考にしつつ、ヒトを調べて

得られた結果、しかも信頼度を十分に吟味して得られた結果を利用しようとする実践栄養学のための考え方を指す」と定義されたもの、と述べられている⁶⁾。さらに、管理栄養士の観察対象は、分子・細胞レベルから動物やヒトの集団レベルまでを幅広く含むとされており⁷⁾、管理栄養士は様々な現場においてミクロからマクロレベルのものごとを対象として科学的な根拠に基づいた活動を求められていると考えられ、それを実践するためには、その根幹となる基礎的な実験研究に関して幅広く理解を深めることが必要である。

本邦においては、栄養士法⁸⁾に基づく管理栄養士学校指定規則⁹⁾により、管理栄養士の国家資格を取得するために必要な科目のひとつとして「食品学」が定められており、単位数および履修方法に関しては「講義又は演習六単位以上及び実験又は実習二単位以上」と記載され、食品の各種成分、栄養特性、物性等について理解をすることが教育目標として掲げられている¹⁰⁾。本学の管理栄養士養成カリキュラムにおける食品学実験(1)は、1年次後期に開講され、学生にとっては入学後に初めて実験操作を行う科目である。これは、食

金城学院大学生生活環境学部食環境栄養学科
Department of Food and Nutritional Environment, College
of Human Life and Environment, Kinjo Gakuin University

品成分の特徴や性質、変化などを学生自らが体験、検証することで食品学を深く理解するとともに、基礎的な実験操作や概念を学ぶことで、今後2年次、3年次に履修する他の実験科目の根幹となる重要な科目である。今回、この食品学実験(1)を受講した学生の実験手技の習得と実験方法の理解に関して、実際に学生が実験作業により導いたデータをもとに考察を行った。

2. 方法

1) 授業の対象と方法

食品学実験(1)は本学の管理栄養士養成課程に在籍する1年生90名(201X年度)を対象として後期(9月から1月)に行われた。この受講生は、前期(4月から7月)に講義科目である食品学(1)を、後期に食品学(2)を履修しており、テキスト「食べ物と健康 食品学・食品機能学・食品加工学 長澤治子 医歯薬出版株式会社」を用いて食品の分類・成分・機能・加工・特性や関連法規について学んでいる。この90名を学籍番号に基づいて45名ずつ2クラス(AおよびBクラス)に分け、授業は1クラスずつ同じ曜日の異なる時限で実施された。さらに1クラスにつき45名を3ないし4名のグループに分け、実験操作はこのグループごとに行わせた。グループの数は両クラスともそれぞれ14グループ、両クラスあわせて28グループであった。すべての実験は、実験作業開始前の講義により目的、原理、方法を説明の上、実施された。

2) 授業の方針と内容

本学シラバスによると、食品学実験(1)の概要は、「食品学を深く理解するためには、実験や実習を通して実際に体験、観察することが重要である。この実験実習では、基礎的な実験操作や考え方を習得するとともに、食品成分の特徴や性質、食品成分の変化を各自確

認し、検証することにより、食品学をより深く理解し、さらに調理や大量調理、食品加工の課程における食品の特性を理解することを目的とする。実験内容は食品の一般成分や嗜好成分の定性、定量実験や分析、分離、成分変化に関する実験を行う。」とされており、「実験を行ううえで必要な実験器具や機器の基本操作や試薬の取り扱いを学習し、安全に実験を行うことができるようになる。また、実験ノートの作成や、実験結果から導き出される考察や参考文献までを記録する実験レポートの作成ができるようになる。」ことを到達目標としている。この食品学実験(1)においては、全15回の授業(うち1回は試験とまとめ)で実験器具および機器の取り扱いに関するオリエンテーション、食品成分の定性・定量実験、官能試験を行った(表1)。なお、この食品学実験(1)の授業では、テキストとして「Nブックス 実験シリーズ 食品学実験 青柳康夫ら 建帛社」¹⁾を使用した。

表1 食品学実験(1)実施内容(本学シラバスより抜粋)

| 回 | 内 容 |
|----|---------------------------------|
| 1 | オリエンテーション (実験器具・機器の取り扱いについて) |
| 2 | 化学的基礎実験：中和滴定 |
| 3 | 化学的基礎実験：中和滴定 |
| 4 | 一般食品成分の定性・定量分析 (炭水化物) |
| 5 | 一般食品成分の定性・定量分析 (炭水化物) |
| 6 | 一般食品成分の定性・定量分析 (たんぱく質、アミノ酸) |
| 7 | 一般食品成分の定性・定量分析 (たんぱく質、アミノ酸) |
| 8 | ビタミン類の定量分析 |
| 9 | ビタミン類の定量分析 |
| 10 | 食品中の色素成分の実験 |
| 11 | 食品中の色素成分の実験 |
| 12 | ミネラルの定量分析(食品中の塩分測定) |
| 13 | 一般食品成分の定性実験 |
| 14 | 官能試験 |
| 15 | 試験・まとめ |

3) データの収集

各回の実験作業が終わった時点で、得られた結果をグループごとに報告させた。このうち、本報では定量実験として測定値を得られるもののみを取り扱った。

4) 統計処理

各実験の測定値は平均値±標準偏差で示した。2群間の比較の場合、スチューデントの *t* 検定またはウェルチの *t* 検定を行った。3群以上の比較はBonferroni法を用いて検定を行った。この解析にはstatcel 3ソフトウェアを用いた。*p* < 0.05を統計学的に有意と評価した。

3. 結果

1) 化学的基礎実験：中和滴定

中和滴定法により市販の穀物酢およびレモン果汁に含まれる有機酸量の定量実験を行い、その結果を図1に示した。また、両製品表示における値はそれぞれ4.2%, 6.5%であり、図中に×印で示した。穀物酢の測定値はAクラスが4.5 ± 0.3%, Bクラスが4.4 ± 0.5%であり、レモン果汁の測定値はAクラスが6.7 ± 0.3%, Bクラスが6.6 ± 0.6%であった(図1a)。概ね、学生による測定値と製品表示値に大きな差はなかった。それぞれの試

料において、AクラスとBクラスの平均値の間に有意な差は検出されなかった。それぞれの試料において、両クラス合算の平均値は穀物酢が4.5 ± 0.4%, レモン果汁が6.6 ± 0.5%であり、両群間に有意な差が検出された(図1b)。

2) 一般食品成分の定性・定量分析(炭水化物)

フェノール硫酸法により市販の清涼飲料水2種(オレンジ果汁入り飲料およびスポーツ飲料)と既知濃度のグルコース溶液に含まれる炭水化物量を測定する実験を行い、その結果を図2に示した。また、両製品表示における値はそれぞれ11.1 g/100mL, 4.7 g/100mL, グルコース溶液の濃度は5.0 g/100mLであり、図中に×印で示した。オレンジ果汁入り飲料の測定値はAクラスが6.5 ± 1.1 g/100mL, Bクラスが6.6 ± 1.4 g/100mLであり、スポーツ飲料の測定値はAクラスが2.1 ± 0.8 g/100mL, Bクラスが2.6 ± 0.9 g/100mLであり、グルコース溶液の測定値はAクラスが4.6 ± 0.9 g/100mL, Bクラスが4.3 ± 0.9 g/100mLであった(図2a)。清涼飲料水2種の測定値は、製品表示の値とは異なるものであった。グルコース溶液の測定値は比較的既知の値に近かった。それぞれの試料において、Aクラ

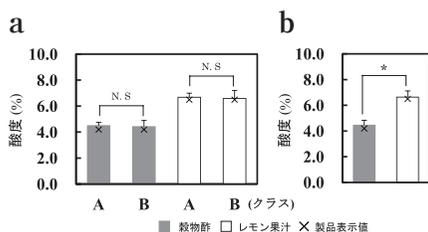


図1 有機酸量(学生による測定値と製品表示値)

a: 各試料のクラス別平均の比較, b: 試料別平均の比較(両クラスの平均値), *: *p* < 0.05

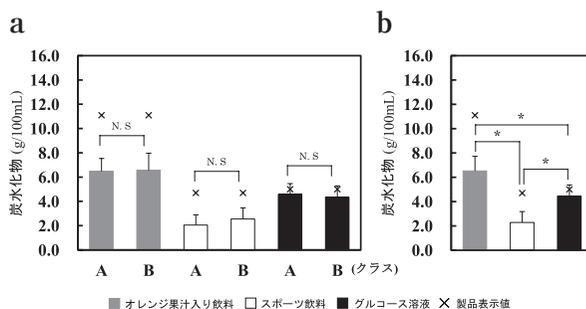


図2 炭水化物量(学生による測定値と製品表示値)

a: 各試料のクラス別平均の比較, b: 試料別平均の比較(両クラスの平均値), *: *p* < 0.05

スとBクラスの平均値の間に有意な差は検出されなかった。それぞれの試料において、両クラス合算の平均値はオレンジ果汁入り飲料が 6.5 ± 1.2 g/mL, スポーツ飲料が 2.3 ± 0.9 g/mL, グルコース溶液が 4.8 ± 0.8 g/mLであり、各群間に有意な差が検出された(図2b)。

3) 一般食品成分の定性・定量分析(たんぱく質, アミノ酸)

ブラッドフォード法(クマシーブリリアントブルー法)により市販の無調整豆乳および豆乳飲料(バナナ味)のたんぱく量を測定する実験を行い、その結果を図3に示した。また、両製品表示における値はそれぞれ8.8 g/200mL, 4.6 g/200mLであり、図中に×印で示した。無調整豆乳の測定値はAクラスが 8.1 ± 1.0 g/200mL, Bクラスが 8.8 ± 1.3 g/200mLであり、豆乳飲料(バナナ味)の測定値はAクラスが 5.0 ± 0.8 g/200mL, Bクラスが 5.4 ± 1.2 g/200mLであった(図3a)。概ね、学生による測定値と製品表示値に大きな差はなかった。それぞれの試料において、AクラスとBクラスの平均値の間に有意な差は検出されなかった。それぞれの試料において、両クラス合算の平均値は無調整豆乳が 8.5 ± 1.2

g/200mL, 豆乳飲料(バナナ味)が 5.2 ± 1.0 g/200mLであり、両群間に有意な差が検出された(図3b)。

4) ビタミン類の定量分析

酸化還元滴定(インドフェノール法)により大根おろし, にんじんおろし, 両者を合わせてすりおろしたもみじおろし2種(加熱したものおよび非加熱のもの)のL-アスコルビン酸量を測定する実験を行い、その結果を図4に示した。また、日本食品標準成分表2010(以下, 食品成分表)に掲載されている値は、大根おろし(だいこん, 根, 皮つき, 生) 12.0 mg/100g, にんじんおろし(にんじん, 根, 皮つき, 生) 4.0 mg/100g, もみじおろし(加熱)(だいこん, 根, 皮つき, ゆで: にんじん, 根, 皮つき, ゆで=1:1) 5.5 mg/100g, もみじおろし(非加熱)(だいこん, 根, 皮つき, 生: にんじん, 根, 皮つき, 生=1:1) 8.0 mg/100gであり¹¹⁾, 図中に×印で

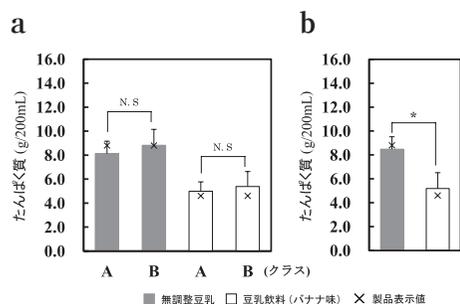


図3 たんぱく質量(学生による測定値と製品表示値)

a: 各試料のクラス別平均の比較, b: 試料別平均の比較(両クラスの平均値), *: $p < 0.05$

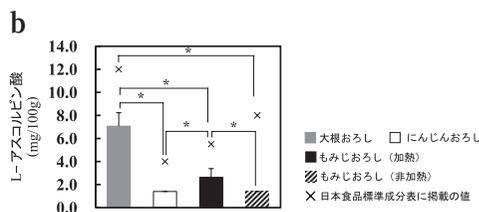
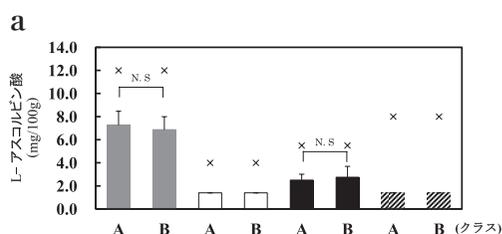


図4 L-アスコルビン酸量(学生による測定値と日本食品標準成分表に掲載の値)

a: 各試料のクラス別平均の比較, b: 試料別平均の比較(両クラスの平均値), *: $p < 0.05$

※検出限界(2.8 mg/100g)未滿のものは半量の1.4 mg/100gとして算出した

示した。大根おろしの測定値はAクラスが $7.3 \pm 1.2 \text{ mg}/100\text{g}$ ，Bクラスが $6.9 \pm 1.1 \text{ mg}/100\text{g}$ であり，にんじんおろしの測定値はAクラス，Bクラスとも検出限界未満であり，もみじおろし（加熱）の測定値はAクラスが $2.5 \pm 0.5 \text{ mg}/100\text{g}$ ，Bクラスが $2.7 \pm 0.9 \text{ mg}/100\text{g}$ であり，もみじおろし（非加熱）の測定値はAクラス，Bクラスとも検出限界未満であった（図4 a）。どの試料も食品成分表に掲載されている値よりも低かった。測定可能であった2種類の試料（大根おろしおよびもみじおろし（加熱））において，AクラスとBクラスの平均値の間に有意な差は検出されなかった。それぞれの試料において，両クラス合算の平均値は大根おろしが $7.1 \pm 1.2 \text{ mg}/100\text{g}$ ，もみじおろし（加熱）が $2.6 \pm 0.8 \text{ mg}/100\text{g}$ であり，にんじんおろしおよびもみじおろし（非加熱）は検出限界（ $2.8 \text{ mg}/100\text{g}$ ）未満であったのでその半量である $1.4 \text{ mg}/100\text{g}$ を採用して検定を行ったところ，にんじんおろし・もみじおろし（非加熱）間を除いた各群間に有意な差が検出された（図4 b）。

5) ミネラルの定量分析（食品中の塩分測定）

沈殿滴定法（モール法）により市販の濃口醤油および減塩醤油に含まれる食塩量を測定する実験を行い，その結果を図5に示した。また，両製品表示における値はそれぞれ $16.4 \text{ g}/100\text{mL}$ ， $7.8 \text{ g}/100\text{mL}$ であり，図中に×印で示した。濃口醤油の測定値はAクラスが $16.5 \pm 0.7 \text{ g}/100\text{mL}$ ，Bクラスが $16.8 \pm 1.2 \text{ g}/100\text{mL}$ であり，減塩醤油の測定値はAクラスが $7.5 \pm 0.4 \text{ g}/100\text{mL}$ ，Bクラスが $7.9 \pm 0.9 \text{ g}/100\text{mL}$ であった（図5 a）。概ね，学生による測定値と製品表示の値に大きな差はなかった。それぞれの試料において，AクラスとBクラスの平均値の間に有意な差は検出されなかった。それぞれの試料において，両クラス合算の平均値は濃口醤油が 16.7 ± 1.0

$\text{g}/100\text{mL}$ ，減塩醤油が $7.7 \pm 0.7 \text{ g}/100\text{mL}$ であり，両群間に有意な差が検出された（図5 b）。

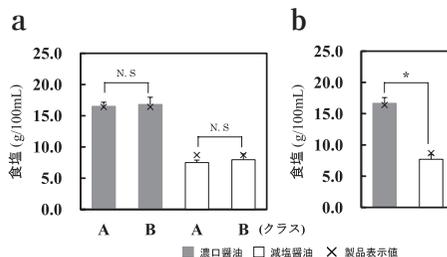


図5 食塩量（学生による測定値と製品表示値）

a: 各試料のクラス別平均の比較，b: 試料別平均の比較（両クラスの平均値），*： $p < 0.05$

4. 考察

1) 学生が測定した実験データに関して

各実験において学生が算出した値が，製品表示または食品成分表に表示の値と異なっているものに関して，実験ごとに様々な要因が予想される。

「化学的基礎実験：中和滴定」では，用いた手法（中和滴定法）が測定値を全て酢酸またはクエン酸に換算して算出しており，他の有機酸を考慮していないことがひとつの要因であると考えられる。しかし，今回の実験で得られたデータは，製品表示による数値と大きな差はないので，試料として用いた穀物酢およびレモン果汁に含まれる有機酸量を概ね正確に定量できると考えられる。

「一般食品成分の定性・定量分析（炭水化物）」で用いたフェノール硫酸法は M.Dubois らによって考案された糖の定量法であり，簡便で試薬が安価であるという利点があるが¹²⁾，糖の種類により発色量や吸収スペクトルが異なり，また中にはほとんど発色しないものが存在するという記述や¹⁾，試薬添加後の溶液が非常に高温になることで均一な攪拌

が困難になり、結果にばらつきが生じるという可能性も指摘されており¹³⁾、それらが今回の実験結果に影響を及ぼした可能性がある。

「一般食品成分の定性・定量分析（たんぱく質、アミノ酸）」では、クマシーブリリアントブルーがタンパクの存在下で最大吸収波長がシフトすることを利用したブラッドフォード法¹⁴⁾を用いているが、これも同様にたんぱく質の種類が試薬の発色率に影響するとされているため^{15, 16)}、測定値と製品表示の値との差を生じさせたと考えられる。しかし、実験で得られたデータは、製品表示による数値と大きな差はないので、含有するたんぱく質の量を概ね正確に定量できるものと考えられる。

「ビタミンの定量分析」において、すべての試料の測定値が食品成分表に掲載されている値よりも低値を示したことに關して、両者では測定方法が異なることに起因していると考えられる。今回の実験で行ったインドフェノール法は還元型のアスコルビン酸のみを測定しているのに対し、食品成分表の値は高速液体クロマトグラフィー（HPLC）法を用いて酸化型と還元型の両方のアスコルビン酸を測定している¹¹⁾。また、にんじんに關しては、すりおろすことでアスコルビナーゼが空気中の酸素に触れて活性化し、アスコルビン酸を酸化することで測定値が下がり、食品成分表の値よりも低値を示した可能性も考えられる。食品成分表はあくまで標準的な成分値を収載しているものであり、食物に含まれる成分は様々な要因により大きな変動があるということを理解しておく必要がある。しかし、得られた結果は、この実験の目的のひとつである、にんじんに含まれるアスコルビナーゼによるアスコルビン酸酸化作用と、加熱による酵素活性の低下を観察できるものである。

「ミネラルの定量分析（食品中の塩分測

定）」で行ったモール法による食塩量の定量は、妨害有機物が多種混合する試料の測定においては終点の判定が不明確となり、過剰滴定の原因となることが報告されているが¹⁷⁾、用いた製品の表示と実験により算出された値が比較的近く、また両クラス間で差が認められなかったため、概ね正確に定量することが可能であると考えられる。

2) データから見る食品学実験(1)の意義

どの実験においても予想される結果から大きく外れることはなく、また、異なる時限に行われた両クラスの授業で同等の結果が得られた。加えてどの実験も、実際に目的の成分含量に差がある試料を「統計学的に有意な差がある」と検出することができた。これらのことから、実施された実験は再現性と信頼性・妥当性があり、また、学生は実験方法を正しく理解し、正しく実験を行うことができたと考えられる。授業で獲得した経験や知識を今後の学習や将来の業務に生かすためにも、授業で取り扱う実験はプロトコルが十分に確立されているもの、再現性のあるもの、一般的に広く認知され、また、実際によく用いられているものが望ましいと考えられるが、そういった面からも、食品学実験(1)において実施されたそれぞれの実験は、学生にとって有意義であり妥当であると考えられる。

一方で、実験で算出した値と、製品表示による値とが異なる結果が得られた実験においても、「なぜ、そのような結果が得られたのか」、「他のグループと比較してどうであるか」、「これまでに同様の報告はないか」等を考察する良い機会であり、食品学の理解と知識の定着、レポートや実験ノート作成の訓練に寄与するものである。

3) 課題と今後の展望

管理栄養士養成課程のカリキュラムにおいては、学んだことをそれだけで完結するので

はなく、他科目の講義や実験実習と関連付けながら総合的に理解し、知識を定着させることが重要である。実際に本学の食品学実験(1)は、「食品学をより深く理解し、さらに調理や大量調理、食品加工の過程における食品の特性を理解する」ことを到達目標のひとつにしており、食品学を越えた関連のある科目への広がりを目指している。異なる科目で学んだ知識を断片的に記憶して完結させるのではなく、包括的に物事をとらえ、より実践的な知識の定着と活用を期待したい。

また、今回の報告においては、学生が授業で行った実験の測定値を用いて考察を行った。これにより、学生全体の実験方法の理解と実験手技の習得を押し並べて評価し、これらを獲得することができたと結論付けたが、今後は学生へのアンケート調査や個人の手技の確認を行い、さらに詳細な評価・分析を行う。

5. まとめ

食品学実験(1)の授業内で実施された実験のほとんどは再現性が高く、その結果は学生の手技習得と実験方法の理解を裏付けるものである。

参考文献・資料

- 1) 青柳康夫, 有田政信, Nブックス 実験シリーズ 食品学実験, 建帛社, 2009
- 2) 健康増進法 (平成十四年八月二日法律第百三十三号, 最終改正: 平成二六年六月一三日法律第六九号)
- 3) 栄養表示基準 (平成15年4月24日 厚生労働省告示第176号)
- 4) 橋本俊二郎, 波平元辰, 山藤圭子, 新版 食品化学実験, 株式会社 講談社, 2001
- 5) 大川いづみ, 熊谷日美, 古旗賢二, 新藤一敏, 高橋京子, 高屋むつ子, 津田孝範, 中村アッコ, 野口章, 村田容常, 健康を考えた食品学実験, 株式会社 アイ・ケイコーポレーション, 2004
- 6) 雨海照祥, EBNとオーダーメイド医療との衝突, 臨床栄養別冊Evidence-Based Nutrition エビデンスに基づく栄養ケア, 2011, 19-28
- 7) 吉池信男, 管理栄養士の活躍が期待される場, からだの科学増刊 これからの管理栄養士, 2008, 32-35
- 8) 栄養士法 (昭和二十二年十二月二十九日法律第二百四十五号, 最終改正: 平成一九年六月二七日法律第九六号)
- 9) 管理栄養士学校指定規則 (昭和四十一年三月二日文部省・厚生省令第二号, 最終改正: 平成二一年三月三十一日文科省・厚生労働省令第二号)
- 10) 管理栄養士学校指定規則の一部を改正する省令の施行について (平成13年9月25日13文科高第405号・健発第938号文部科学省高等教育局長・厚生労働省健康局長通知)
- 11) 新しい「日本食品標準成分表2010」による食品成分表, 女子栄養大学出版部, 2011
- 12) Michel. DuBois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, Fred. Smith. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Anal. Chem, 1956, 28 (3), pp 350-356
- 13) 竹内宏治, 井熊武志, 高橋裕司, 匂坂慶子, 高澤俊英, 高感度フェノール-硫酸法, 帯広畜産大学学術研究報告, 自然科学 22 (2), 2001, 103-107
- 14) Marion M. Bradford. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem. 1976 May 7;72:248-54.
- 15) Field A, Field J. Melamine and Cyanuric Acid do not interfere with Bradford and Ninhydrin assays for protein determination. Food Chem. 2010 Aug 1;121 (3):912-917.
- 16) タカラバイオ株式会社, TAKARA Bradford Protein Assay Kit (T9310A). http://catalog.takarabio.co.jp/PDFS/T9310A_j.pdf
- 17) 堤忠一, 小泉英夫, 海老根英雄, みそおよびしょうゆの食塩の定量:銀滴定法における誤差の検討, 日本食品工業学会誌 15 (10), 461-465, 1968