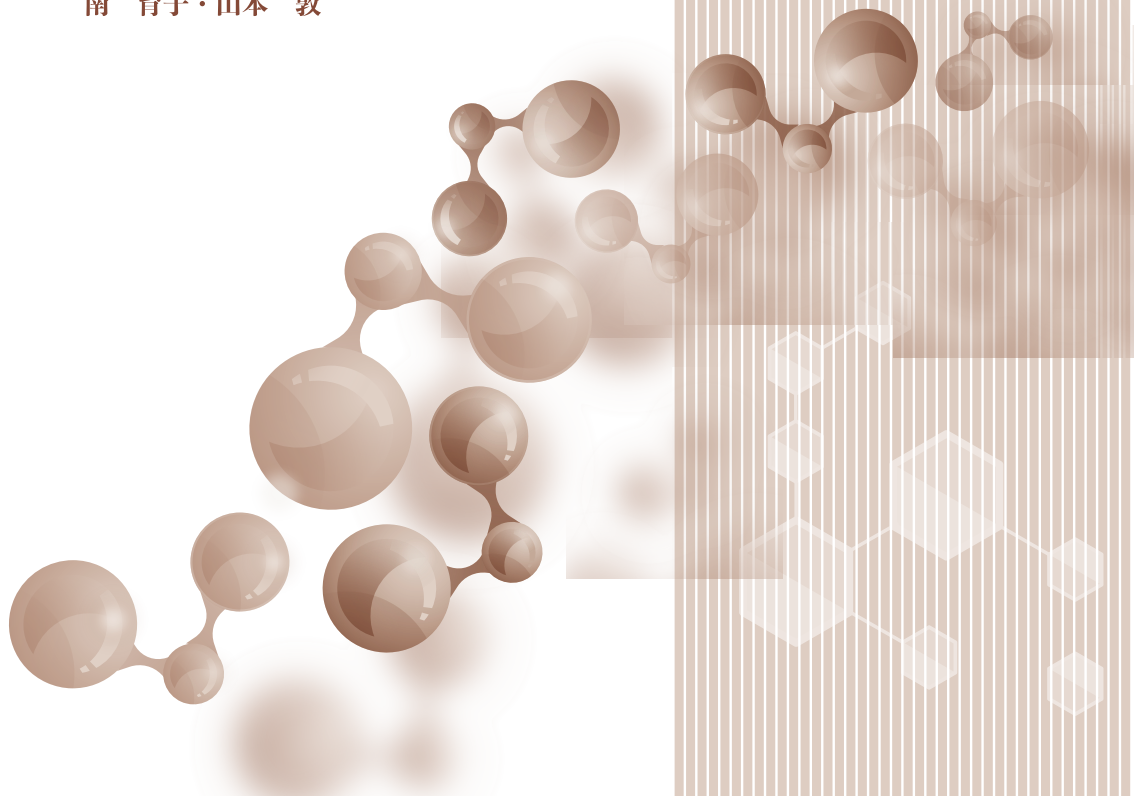


基礎から学ぶ 食品 分析学

編著 谷口垂樹子

共著 猪飼誉友・石井剛志・風見真千子・片山佳子
菊川浩史・米谷 俊・佐藤真治・杉山靖正
中村宗知・野口治子・細谷孝博・松藤 寛
南 育子・山本 敦



建帛社
KENPAKUSHA

まえがき

食品分析学は、食品の一次機能（栄養機能）、二次機能（感覚機能）、三次機能（生体調節機能）に関わる成分の分析、及び機器分析に関する原理について学習する学問であり、本書はこれらを学習し、理解するために編集された教科書です。

本書は食品科学コース（農学部、薬学部、理工学部、工学部等）、管理栄養士養成コース（主に4年制大学）、栄養士養成コース（主に短期大学）で学ぶ学生を対象にしています。食品学の学習と並行して学べるように、構成としてまずは分析する食品の成分がどのようなものであるか、食品化学の基礎知識を前置きとして説明し、その後で食品分析の原理、及び分析法を学べるように編集しました。一般成分分析法（第1章）は、日本食品標準成分表2015年版（七訂）の栄養素の掲載順序に合わせ構成し、続いて応用分析法としての機器による成分分析の基本操作と定性・定量（第2章）及び、生化学領域の分析法・検査（第3章）についても掲載しました。さらに農薬、放射性物質等の人に害を及ぼす有害要因物質の食品分析法について解説し（第4章）、最後の章では、分析結果の信頼性を保証するために重要な考え方を述べました（第5章）。また、図表を多く取り入れ、視覚的にも学べるように工夫し、各項目の最後に演習問題を設け、理解度を確かめられるよう工夫しました。

この教科書で学ぶ学生は、次の目標をもって学んでほしいと思います。まずは、食品成分の分析法を学ぶことにより、様々な食品成分の特性、機能性を理解することができるようになること、さらに食品成分の分析、及び解析の知識を得ることにより、食品を評価する基準をもち、しっかりと評価できるようになることです。

多くの学生に本書を活用していただき、食品及び食品分析に興味をもち、学ぶことの楽しさ、分析することのおもしろさを知ってほしいと思います。食品分析学を通じて、物の見方、考え方を学び、柔軟な化学的思考を養ってほしいと思っています。

本書の出版にあたり、大変なご尽力くださった建帛社の皆様に心から深く感謝申し上げます。

2020年7月

編者 谷口亜樹子

目 次

序 章 食品分析の基礎知識 1

1. 定性と定量 ————— 1
2. データの取り扱い ————— 1
 - 1) 誤 差 1
 - 2) 有効数字 1
 - 3) 指数換算 2
 - 4) 平均値と標準偏差 2
 - 5) 物質量や濃度を表す単位 2

第 1 章 食品の一般成分分析 4

1. 試料の調製と採取法 ————— 4
 - 1) 縮分の方法 4
 - 2) 調製部位 5
 - 3) 調製器具 6
 - 4) 試料調製時の注意事項 7
2. 水分の定量 ————— 8
 - 1) 食品中の水分について 8
 - 2) 加熱乾燥法 8
 - 3) 蒸留法 11
 - 4) カールフィッシャー法 11
3. たんぱく質の定量 ————— 14
 - 1) たんぱく質について 14
 - 2) 含有窒素量に基づく定量法 15
 - 3) 吸光光度法に基づく定量法 16
 - 4) 機器等を用いた定量法：ペプチド・アミノ酸の測定 19
4. 脂質の定量 ————— 24
 - 1) 脂質について 24

2) ソックスレー抽出法	25
3) 油脂の特数・変数	26
5. 炭水化物の定量	32
1) 炭水化物について	32
2) 差し引き法	32
3) 全糖量の定量	33
4) 還元糖の定量：ソモギー・ネルソン法	35
5) でん粉の定量	35
6. 食物繊維の定量	38
1) 食物繊維について	38
2) プロスキー法とプロスキー変法	39
7. 灰分・無機質の定量	42
1) 灰分と無機質について	42
2) 直接灰化法	43
3) 無機質の定量法	45
8. 熱 量	48
1) 熱量について	48
2) 食品から得られる熱量	48
3) エネルギー換算係数	48
4) 熱量の単位	49
9. ビタミンの定量	50
1) ビタミンについて	50
2) 測定法	54
10. 有機酸の定量	58
1) 有機酸について	58
2) 測定法	59
11. 核酸関連物質の分析	64
1) 核酸関連物質について	64
2) 測定法	65
12. 色素の分析	68
1) 色素について	68
2) 測定法	69
13. 香気成分の分析	72
1) 香気成分について	72

2) 測定法	73
14. 機能成分の分析	76
1) 抗酸化作用について	76
2) 抗酸化性の評価とポリフェノールの測定法	77

第2章 機器による成分分析の基本操作 と定性・定量

80

1. pHガラス電極法	80
1) pHガラス電極法の原理	80
2) 食品のpH	80
3) pHガラス電極 (pHメーター) による測定法	81
2. 紫外・可視分光分析法	82
1) 電磁波について	82
2) 紫外・可視分光分析法による定性分析	83
3) 紫外・可視分光分析法による定量分析	84
3. 蛍光・化学発光分析法	86
1) 発光について	86
2) 蛍光分析法	86
3) 化学発光	88
4. 赤外分光分析法	90
1) 赤外線について	90
2) 赤外分光分析法の原理・特長	90
3) 装置と測定法	92
4) スペクトルの解析	92
5. 近赤外分光法	94
1) 赤外と近赤外について	94
2) 近赤外分光法の原理	94
3) 近赤外分光法の食品への応用	95
4) 近赤外分光計での測定・解析	96
6. 原子吸光法とICP発光法	98
1) 原子吸光法	98
2) ICP発光法 - ICP発光分析法とICP質量分析法	101
7. 液体クロマトグラフィー法	102

1) HPLC装置の基本構成	102
8. ガスクロマトグラフィー法	108
1) ガスクロマトグラフィーの原理	108
2) 装置の構成	108
3) 揮発性誘導体化	110
4) 定量方法	111
9. 電気泳動法	112
1) 電気泳動法の原理	112
2) ポリアクリルアミドゲル電気泳動	112
3) アガロースゲル電気泳動	114
10. 核磁気共鳴法	116
1) 核磁気共鳴の原理	116
2) 核磁気共鳴 (NMR) 装置	116
3) 核磁気共鳴 (NMR) 信号の解析例	117
4) 核磁気共鳴 (NMR) 装置による食品分析	119
11. 質量分析法	120
1) 質量分析の原理	120
2) 質量分析計の構成	120
12. 物性測定法	124
1) 物性測定について	124
2) 粘度	124
3) 破断強度	126
4) テクスチャー解析	127

第3章 生化学領域の分析法と検査 128

1. 酵素を用いた分析法	128
1) 酵素について	128
2) 酵素法の原理と特長	128
2. 免疫学的反応を用いた分析法	130
1) 免疫反応について	130
2) 食物アレルギー	130
3) 食品中のアレルゲンの検査方法	131
3. 培養細胞を用いた試験	134

1) 培養細胞を用いた試験のメリット	134
2) 培養細胞の種類	134
3) 食品の機能性評価	135
4) 食品の安全性評価	135
4. 食品の官能評価	137
1) 官能評価とは	137
2) パネリストと評価環境	137
3) 種類と手法	137
4) 最新技術を用いた食品の特性評価	139

第4章 食品の危害要因物質の分析法 140

1. 危害要因についての総論	140
1) 食品の危害要因について	140
2) 基準値と公定法	140
3) 分析対象物質	141
2. 抽出・精製：前処理法	144
1) 抽出・精製操作について	144
2) 試料採取	144
3) 抽出	144
4) 精製	144
3. 分析装置と解析	149
1) ガスクロマトグラフ，高速液体クロマトグラフ	149
2) ガスクロマトグラフ質量分析計，液体クロマト グラフ質量分析計	150
3) 誘導結合プラズマ発光分光分析装置，誘導結合 プラズマ質量分析計	151

第5章 分析における妥当性と品質 152

1. 分析結果の品質	152
1) 分析目的の明確化	152
2) 分析の妥当性	152
2. 分析結果の品質管理	156

目 次

1) 分析結果の品質維持	156
2) 品質管理	156
3. 不確かさ	158
1) 不確かさについて	158
2) 不確かさの推定	158
3) 不確かさの利用	159
演習問題の解答・解説	160
索 引	165

第1章

食品の一般成分分析



1. 試料の調製と採取法

食品を分析する場合、試料を採取し分析に供することになるが、そのまま分析に使用できることは極まれであり、多くの場合、試料調製をしなければならない。この場合、最も重要なことは調製された試料が、その食品を代表しているかということである。

生鮮食品（畜肉類、魚介類、野菜類、果実類等）では目的の成分が偏在していることもあり、適切な試料調製を行わなければならない。加工食品についても果実やナッツ等が入ったもの等、不均一な試料であることは少なくなく、内容物の物性も異なることから、試料の調製を工夫しなければならない。

試料を調製することで、目的成分が酸素、酵素、熱や光等の影響を受け、変化してしまうことにも注意を払わなければならない。さらに、調製後の試料の保管方法も考慮する必要がある。

1) 縮分の方法

目的とする成分には微量のものや偏在するものがあるので、試料調製を行う前にその食品を代表するようにサンプリングを行うことが必要である。例えば、生鮮食品では個体差が大きくなるので、なるべく多くの試料をサンプリングした方がよい、さらに恣意的判断が入らないように任意に個体を選択する。加工食品においても任意に選別することで代表サンプルを得ることができる。

試料調製にはなるべく多くの量を調製することが必要であるが、調製量には限界があり、多くても1 kg程度である。一般的には100 g～500 g程度が操作性もよく適当である。サンプリングされた量が多かったり、個体量が大きかったりする場合は縮分という操作を行い、適当な調製量に少なくすることができる。縮分にはそれぞれの食品に合った方法を選ぶ必要がある。

任意に縮分する方法（箱に入った多数個から任意に採取する）を以下に示す。みかんや個包装のお菓子等で箱の中に多数個入っている場合、箱の中を均等に分かれるように想定し、その個々の空間から1個を取り出し合わせたものを試料とする（図1-1）。

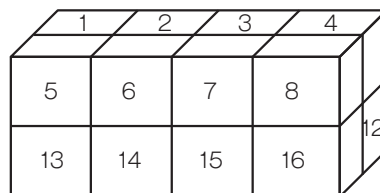
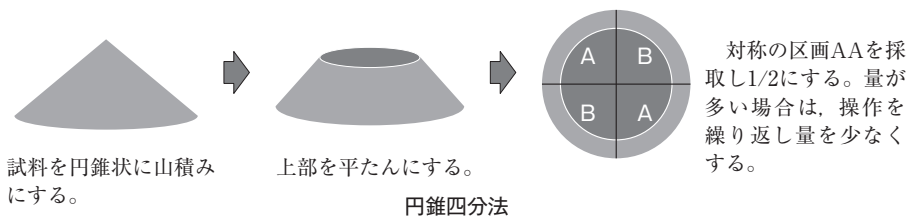


図1-1 箱に入った多数個から任意に採取する縮分

穀類、豆類、種実類、及び粉体に用いる縮分方法（円錐四分法^{えんすい}、二分器、均分器）、4/8に縦割り縮分する方法、1/3に縮分する方法を以下のそれぞれの図に示す。



二分器



均分器

図1-2 円錐四分法、二分器、均分器

出典) 二分器：ヴァーダー・サイエンティフィック、均分器：不二金属工業より、それぞれ提供。

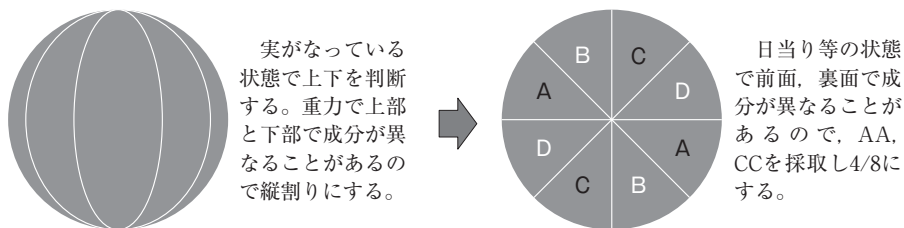


図1-3 4/8に縦割り縮分

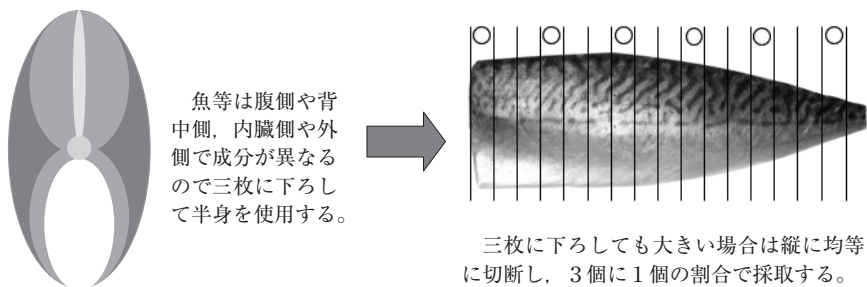


図1-4 1/3に縮分

2) 調製部位

調製できるまでに縮分された試料は、目的成分とそれぞれの試料に合った調製方法を選択し調製を行う。また、生鮮食品では除去する部位が出てくる。除去する部位は目的とす

る成分や食習慣によっても変わるので注意が必要である。一般的に可食部という表現は食品分析ではあまり使われない。これは食べる部位は人によって異なることがあるためである。例えば、リンゴ等は皮を「食べる人」と「食べない人」がいるため可食部という「表現」は適当ではない。日本食品標準成分表でも可食部という「表現」ではなく廃棄部位(表1-1)としている。

表1-1 日本食品標準成分表の廃棄部位例

食品名	廃棄部位	食品名	廃棄部位
さつまいも	表皮, 両端	スイートコーン	包葉, めしべ, 穂軸
じねんじょ	表皮, ひげ根	ほうれんそう	株元
日本ぐり	殻(鬼皮), 渋皮	いちご	へた, 果梗
日本かぼちゃ	わた, 種子, 両端	うめ	核
カリフラワー	茎葉	うんしゅうみかん	果皮, じょうのう膜
セロリー	株元, 葉身, 表皮	バナナ	果皮, 果柄
だいこん	根端, 葉柄基部	りんご	果皮, 果しん部
たけのこ	竹皮, 基部	しいたけ	柄の基部(いしづき)
たまねぎ	皮(保護葉), 根盤部, 頭部	まあじ	頭部, 内臓, 骨, ひれ等(三枚おろし)

出典) 文部科学省『日本食品標準成分表2015年版(七訂)』2015.

3) 調製器具

試料調製は多くの場合、調製器具を使用する。調製される食品に合った調製器具を選択しないと調製がうまくいかなかったり、かえって手間がかかったりする。また、食品の特性を理解していないと調製器具を使用したことで失敗することがある。例えば、チョコレートを高速で回転するミル等で粉砕すると回転と回転による熱とで油分が分離してしまう。以下に代表的な調製器具とその特徴を紹介する(図1-5)。

a. ミル 手軽に均質化できる。高速で回るため油分等の分離に配慮する。多少硬いものでも粉砕できる。パッキング付を使用すれば液体の混合にも使用できる。

b. フードプロセッサ 低速回転なので揚げ物等を油分の分離なく粉砕できる。大容量タイプのもはスクレイパーが付いているので壁面等に付着した試料をかき取りながら効率よく調製できる。

c. ジューサーミキサー 調製量が多くミルで粉砕困難なものに向いている。馬力もあるので固形物があっても粉砕できる。ガラス容器は硬いものを粉砕すると割れることがあるので、樹脂製か金属製のものを使用する。

d. 超遠心粉砕機 試料を投入すると高速回転するロータに遠心力で飛ばされて衝撃粉砕され、更にロータ外周のリング状のスクリーンで剪断せんたんされる。スクリーンを替えることで粒度の変更ができる。高速回転で粉砕する為、熱がかかりやすいので注意が必要である。

e. カッティングミル 試料をなた鈍で切り取るようにカットするので、干し肉等の前処理に有効である。前処理を目的とした機器なので裁断後さらに粉砕が必要である。

f. 包丁 魚の皮や畜肉の筋等は機器では粉砕できないので、出刃包丁で叩いて



図1-5 様々な調製器具

出典) ミル：岩谷産業，フードプロセッサー（家庭用）：パナソニック，フードプロセッサー（大容量）：エフ・エム・アイ，ジュースミキサー：エフ・エム・アイ，超遠心粉碎機：ヴァーダー・サイエンティフィック，カッティングミル：フリッチェ・ジャパンより，それぞれ提供。

細かくする。木製のまな板は木片が混入するので硬質樹脂のものを使用する。

4) 試料調製時の注意事項

試料調製に使用する機械・器具は汚染を防止するため，試料が接するところは容易に分解洗浄できるものを選択する。洗浄時は刃の裏側や軸部分に試料が残りやすいため入念にブラッシングすることが必要である。

試料調製するには，目的成分や分析工程の知識，試料そのものの特性をふまえて行わなければならない。例えば一部の農薬やビタミン類は調製中に揮発，分解してしまうことがあるので，試料を大まかに裁断した後，揮発，分解を抑える試薬とともに粉碎し調製する。

■参考文献■

菅原龍幸・前川昭男監修『新食品分析ハンドブック』建帛社，2000。

【演習問題】

次の文章の中から正しい文章を選びなさい。

1. 箱入りのみかんの採取方法は個体差がないので上から採取する。
2. 10 kgの玄米は二分器を数回繰り返して縮分したのち調製する。
3. しいたけの可食部は傘の部分である。
4. イワシのような小型魚の場合も3枚に下ろした後，必ず縮分操作を行ってから調製する。
5. チョコレートはフードプロセッサーで状況を確認しながら粉碎する。

2. 水分の定量

1) 食品中の水分について

水分は、人間が生命を維持するために必須の成分の一つである。人間の体の約60%は水分であり、これを維持するために水を飲み、食品から摂取する。人間は、食品を摂取することで、水分補給すると同時に、活動に必要なエネルギーを得る。人間と同様に微生物も水を活用して活動する。微生物には乳酸菌のように人間にとって有益な活動するものがあり、体調管理に活用できる。その一方で食品を変質させ、有害な成分を産出する微生物もいる。環境条件によるが、どちらも水を活用して増殖することから、食品中の水分を定量することで、増殖しやすい食品、あるいは増殖しにくい食品について知り、微生物を管理することは極めて重要な意味をもつ。

水分は、食品を加熱すると水が蒸発してその分の重量が軽くなることを利用して定量する。しかしここで加熱により揮発する成分が存在すると、それも含まれることになる。つまり重量差から求めた結果は、純粋な水分の定量値とは限らない点に注意する。

2) 加熱乾燥法

水の沸騰温度は気圧（圧力）と温度で決まる。例えば、日常生活において大気はほぼ1気圧であり、このとき水は100℃で沸騰する。しかし、標高が高い山の上で水を沸かすと100℃には到達せずに沸騰する。高い山の上では気圧が1気圧に達しないのがその理由である。

水分の定量ではこの原理を活用し、温度と圧力を組み合わせた条件を複数決めている。圧力を大気圧のままとする常圧加熱乾燥法と減圧状態にする減圧加熱乾燥法がある。

条件が複数必要となるのは、1気圧、100℃で加熱すると褐変等の化学変化が生じる食品があり、分析がうまくいかないためである。褐変は、成分の一部が加熱され、化学反応により、元とは別の物質に変化したことを示す。その際、物質が変わることによる重量変化が生じることがあり、水分の蒸発分だけの重量変化とは考えられなくなる。そこで、このような食品には、圧力を下げ、水が沸騰する温度を下げ、褐変を防ぎながら定量する。つまり、食品の特性に合わせた条件設定をできるようにする。このように、条件と定量値の組み合わせの関係をもった試験法を定義分析（約束分析）という。

加熱乾燥法による水分分析の概略を次頁に示す。