

改訂版 食品学

渡辺忠雄 編

改訂版
食 品 学

渡辺忠雄 編

講談社サイエンティフィク

編者紹介

わた なべ ただ ち
渡 辺 忠 雄

1945 年 九州帝国大学農学部農芸化学科卒
1979 年 現在 九州大学農学部食糧化学工学科教授
主要著書 入門食品衛生学（共著）（南江堂）



NDC 588 260 p 22cm

改訂版

食 品 学

定価 1,500 円

1979 年 2 月 10 日 第 1 刷発行

編 者 渡辺忠雄

発行者 野間省一

発行所 株式会社 講 談 社

東京都文京区音羽 2-12-21 〒 112

電話 (03) 945-1111 (大代表)

振替 東京 8-3930

印刷所 新日本印刷株式会社

製本所 藤沢製本株式会社

落丁本・乱丁本はお取りかえいたします

© Tadao Watanabe, 1974

編 集 講談社サイエンティフィック Printed in Japan

3061-392787-2253(0) (KS)

まえがき

われわれは生をこの世にうけて以来、毎日食物をとり続けており、このことは有史以来人類が続けてきたことであるが、栄養的に完全で、しかもうまい食物という理想はなかなか実現しがたい。この理想に近づくためには従来からの長い経験に加えて、栄養学の基礎的素養や調理学の科学的検討も必要であるが、まず食品そのものを科学的に十分に理解することが必要である。本書はこのような目的に沿って食品の構成成分の性質について解説し、さらに食品そのものについての総合的理解ができるように記述した。特に大学、短大の家政科、栄養士課程の学生の教科書として使用できるように、その新カリキュラムに従って、食品化学、食品材料、食品貯蔵加工、応用微生物について、それぞれの分野の専門家の英知を集め記述したものである。本書が食品についての正しい知識の涵養に多少なりとも役だてば望外の幸いである。

種々意は用いたつもりであるが、完璧を期することは困難であるので、今後格別のご教示、ご指摘をいただき、逐次訂正、加筆をしてゆきたいと考える。

本書の性格上、引用した多くの文献については記載を省略し、参考書のみを巻末に載せた。これらの著者の方々に対し、深甚なる謝意を表する。本書の発行に際し多大の御協力をいただいた講談社サイエンティフィック高畠雅映氏ならびに吉田茂子氏に心から感謝する。

1974 年 1 月

編 者

改訂にあたって

本書を刊行して以来、すでに5年を経過し、この間誤り、その他については逐次訂正を行なってきた。また多くの方々から貴重な御意見をいただき心から感謝する。今回これらに基づき、下記の点につき全面的に検討し、改訂を行なった。すなわち

1. 用語についてはトレオニン、リシンなどを食品関係の慣用語であるスレオニン、リジンに改め、またカロリー、Calなども最近エネルギー、kcalに改められたので、新しい表示法に従った。

2. 細菌の分類については *Bergey* の第8版が刊行されたので、検索などの便宜を考え、これによることにした。

3. 食品包装も加工・貯蔵上重要な位置を占めつつあるのでこの項を設けた。

4. 統計などは全面的に改め可能なかぎり新しいものを使用した。

今後とも本書について貴重な御意見、御指摘をお寄せいただきたいと願っている。

1979年1月

編 者

目 次

まえがき	iii
改訂版にあたって	iv

1 緒 論

A. 食品と食物	1
B. 食品学	1
C. 食品成分表	2
D. 栄養所要量	3
E. 日本人の栄養摂取量, 食品摂取量	3
F. 供給栄養量の国際比較	5

2 食品成分の化学

§1 食品の一般成分	7
A. 水分	7
B. タンパク質	11
C. 脂質	24
D. 炭水化物	36
E. 無機質	50
F. ビタミン	55
§2 食品の色・味・かおり	71
A. 食品の色	71
B. 食品の味	77
C. 食品のかおり	84
§3 食品のテクスチャー	88
A. 食品のテクスチャーとは	88
B. テクスチャーの物理的内容	89
C. レオロジー	92

3 食 品 材 料

§1 植物性食品	93
----------	----

A. 穀類	94	D. 野菜類	107
B. イモ類	101	E. 果実類	111
C. 豆類	104	F. その他の食品類	115
§2 動物性食品	119		
A. 食肉類	120	C. 鶏卵	134
B. 牛乳	129	D. 魚介類	138
4 食品の貯蔵と加工			
§1 食品の貯蔵	149		
A. 低温貯蔵	149	E. くん製	161
B. 低温貯蔵の実際	151	F. かん詰め, びん詰め	162
C. 乾燥	153	G. 放射線照射	167
D. 塩蔵	160		
§2 食品の包装	168		
A. flexible packaging	170	B. rigid packaging	171
§3 食品の加工	172		
A. 農産食品	172	E. 食用油脂	200
B. そ菜, 園芸食品	182	F. し好食品, 甘味料, 香辛料	206
C. 畜産食品	187	G. 強化食品, 即席食品	211
D. 水産食品	196		
5 応用微生物			
§1 食品と微生物	215		
A. 微生物の増殖と環境因子	215	B. 微生物の分類とその機能	218
§2 発酵食品	234		
A. 調味料	234	B. アルコール飲料	241
参考書	247		
索引	249		

1

緒 論

A. 食品と食物

われわれが健康を保つためには、体にエネルギーを与え、体組織を作り、また体の機能を調節する物質を外部から摂取しなければならない。われわれは通常これを食物 food として取り入れる。この食物が体内に吸収され、栄養となって生活現象を営むことができる。それゆえ食物は必要な各種の栄養素を含むことが必要であるが、それと同時に人々に摂食されるために、し好にかなったものでなければならない。このような食物をつくる材料を食品 food material といい、通常食品を適当に調理して食物としている。

B. 食 品 学

食品の諸性質とその変化を研究し、その応用をはかるのが食品学 food science である。食品は農業を中心として生産されたものが栄養、し好、衛生、経済などの配慮の下に貯蔵、加工され、食品としての価値を発揮するわけで、生物学、化学、工学、医学、経済学などきわめて広い分野の学問が関係している。

食品は結局人体に利用されるものであるから、人間がどのような栄養素を必要とするかを研究する栄養学とは密接な関係を有し、これに基づいて、食品中にどのような成分がどのような形で存在しており、どのような性質を有するかを研究する食品化学を十分理解する必要がある。また食品が食欲を十分にそそるようなし好にかなったものであるためには、食品中の色、味、かおりなどの特殊成分やテクスチャーなどについての知識が必要である。

生鮮食品をはじめ多くの食品は変質、腐敗しやすく、これをいかにして長期間保存するかは、人類の歴史とともに続いている課題の1つである。それとと

もに栄養に富むうまい食物をできるだけ労力をかけないで、欲するときに供給されることを望むのも、われわれの夢の1つである。このようなことから、食品の加工、貯蔵は非常な進歩を遂げつつあるが、これらが誤って取り入れられると、直接生命に関係する大きな事件になりかねない。

以上のように、食品は汚染のない安全な素材を人が摂取するまで完全にその安全性が確保されている必要がある。

食品について考えるとき微生物を無視することはできない。日ごとの食卓に欠くことのできないみそ、しょうゆ、酢をはじめとして清酒、ビール、ブドウ酒などの醸造品、納豆、甘酒などの農産加工品、ヨーグルト、チーズなどの酪農製品、塩辛などの水産加工品に至るまで、いずれも微生物を利用して食品の価値を高めるすぐれた方法である。また酵母菌を培養して食料にしたり、イノシン酸のような二次的製品を作ることも行なわれている。

一方食品を腐敗させて、その価値を著しく低下させる腐敗細菌や食品を汚染して伝染病や食中毒を引き起こす伝染病菌や食中毒菌も微生物であるので、食品をこれらの害から守ることが必要になってくる。

C. 食 品 成 分 表

われわれが日常摂取している食品中には、どのような成分がどれだけ含まれているかの目安としては食品成分表を利用するのが便利である。

食品成分表としては科学技術庁資源調査会編の三訂日本食品標準成分表がある。これはエネルギー、水分、タンパク質、脂質、糖質、繊維、灰分、カルシウム (Ca)、ナトリウム (Na)、リン (P)、鉄 (Fe)、ビタミンA、D、B₁、B₂、C、ニコチン酸が掲げられている。ただ動物においても植物においても、個体差がかなりあるので各種食品成分についての最も妥当と考えられる数値を示している。そのため実際の食品とある程度の差があることはやむをえないことである。

食品成分表により食品中の主要成分量を知ることができ、食事のエネルギー、タンパク質量、その他の計算に必要なことはもちろん、国民栄養調査における栄養摂取量の計算や食料需給表の作製などわが国の食糧の統計に欠くことのできないものである。

D. 栄養所要量

栄養所要量とはそれ以下では健康が保証されないという、いわば生理的な最低必要量を基礎とし、これに安全率を考慮した摂取すべき量をいい、わが国の栄養所要量はエネルギー、タンパク質、無機物およびビタミンについて設定されている。厚生省は、1975 年に 1980 年までの間に使用する日本人の栄養所要量を発表した。この栄養所要量は年齢別、性別、妊婦、授乳婦別および労作強度別に策定されている。

この栄養所要量を基礎として、1980 年における日本人全体の栄養所要量を算出して、推定人口で除したものが、日本人平均 1 人 1 日当たり栄養所要量 (1980 年推計) で、表 1.1 に示した。これは個人が実際に摂取すべき栄養量ではなく、国民全体の栄養改善や食糧需給状態の検討に有用な統計と考える。

表 1.1 日本人平均 1 人 1 日当たり栄養所要量

	1980 年推計	1975 年目標
エ ネ ル ギ ー (kcal)	2,100	2,150
タ ン パ ク 質 (g)	70	70
カ ル シ ウ ム (g)	0.7	0.6
鉄 (mg)	11	11
ビ タ ミ ン A (IU)	1,800	2,000
ビ タ ミ ン B ₁ (mg)	0.9	1.0
ビ タ ミ ン B ₂ (mg)	1.1	1.1
ニ コ チ ン 酸 (mg)	14	16
ビ タ ミ ン C (mg)	50	50
ビ タ ミ ン D (IU)	200	—

この値を 1969 年に発表された 1975 年を目標とした栄養所要量と比較するとエネルギーが 50kcal 少なくなっている。これは人口の高齢化傾向と、職業の軽労化によるものと思われる。エネルギーの減少に伴って、エネルギーを基準に算出しているビタミン B₁ の所要量はやや減少した。カルシウムの増加やビタミン A、ニコチン酸の減少はそれぞれ所要量の増減によると思われる。

E. 日本人の栄養摂取量、食品摂取量

1966 年と 1974 年の日本人の栄養摂取量を比較すると表 1.2 のとおりである。すなわち、エネルギーについては、この 10 年間ほとんど変化なく 2,200

表 1.2 栄養摂取の推移 (全国1人1日当たり)

	摂 取 栄 養 量		変動指数 (B/A×100)
	1966年11月 (A)	1976年11月 (B)	
エ ネ ル ギ ー kcal	2,193	2,159	98.4
タ ン パ ク 質 g	74.8	78.7	105.2
う ち 動 物 性 g	29.3	38.1	130.0
脂 肪 g	39.7	52.4	132.0
う ち 動 物 性 g	17.8	27.0	151.7
炭 水 化 物 g	380	332	87.4
カ ル シ ウ ム mg	499	548	109.8
鉄 mg	—	13.7	—
ビ タ ミ ン	A IU	1,600	1,724
	B ₁ mg	1.03	1.18
	B ₂ mg	0.90	1.02
	C mg	118	117
穀類エネルギー比 % ^{†1}	61.8	49.6	
動物性タンパク質比 % ^{†2}	39.2	48.4	

$$\uparrow 1 \text{ 穀類エネルギー比} = \frac{\text{穀類エネルギー}}{\text{総エネルギー}} \times 100$$

$$\uparrow 2 \text{ 動物性タンパク質比} = \frac{\text{動物性タンパク質}}{\text{総タンパク質}} \times 100$$

kcal 前後であったが、穀類エネルギー比は漸減の傾向を示し、1976 年では 49.6% となった。タンパク質の摂取量は、79g とわずかに増加しているが、このうちで動物性タンパク質の占める割合が著しく増加し、動物性タンパク比は約 50% に達した。脂肪の摂取量は 1.5 倍となり、その他カルシウム、ビタミン A、B₂ など増加しているが、炭水化物は減少の傾向にある。また脂肪については動物性脂肪の摂取量が著しく増加している。以上のようにこの 10 年間に食物の質的な変動がみられた。

1966 年と 1976 年の食品摂取量を比較すると、総摂取量においてわずかに増加しているが、大きな変動はみられない。むしろ 1973 年の 1,434.3g をピークとしてやや減少の傾向である。しかし食生活の変化の影響を受けて、その内容に著しい変化がみられた。すなわち穀類、いも類などが減少し、油脂類、動物性食品、果実、調味し好品などが増加している。穀類はパン食の普及などにより、小麦類は増加しているが、米の減少が著しい。動物性食品では魚介類の増加はわずかであるが、肉類、卵、牛乳などの著しい増加がみられた。

表 1.3 食品摂取量の推移 (全国1人1日当たり)

食 品 群	摂 取 量 (g)		変 動 指 数 B/A × 100
	1966年11月 (A)	1976年11月 (B)	
穀 類	334.7	243.0	72.6
米 類	69.4	91.6	132.0
小 麦 類	7.8	1.7	21.8
大 麦・雑 穀 類	69.1	63.3	91.6
い も 類	14.9	14.8	99.3
砂 糖 類	24.0	27.9	116.3
菓 子 類	10.8	17.0	157.4
油 脂 類	75.6	68.5	90.6
豆 類	45.7	56.3	123.2
緑 黄 色 野 菜	193.1	203.5	105.4
そ の 他 の 野 菜・茸 類	120.2	170.5	141.8
果 実 類	3.9	5.5	141.0
海 草 類	64.2	113.4	176.6
調 味 し 好 飲 料	84.4	90.1	106.8
魚 介 類	34.7	64.4	185.6
肉 類	34.0	40.3	118.5
卵 類	54.4	100.6	184.9
乳・乳 製 品			
合 計	1,240.9	1,372.4	110.6

F. 供給栄養量の国際比較

供給栄養量の国際比較は、その国の風土や農業生産の状況、国民の体位、食習慣さらに国民所得などが異なるので、一概に比較することはできないが、数字的にみると次のとおりである。

すなわちわが国の1人1日当たりの供給エネルギーは約 2,500kcal であり、この量は前述の栄養所要量を十分満たしているものであるが、欧米諸国では 3,000kcal をこえており、わが国より約 3 割高い。これに反して東南アジア諸国では 2,000kcal でわが国より約 2 割低い水準にある。

わが国のタンパク質の供給量は約 80g 前後で、これも栄養所要量を十分満たしており、スウェーデン、ノルウェー、西ドイツなどの諸国とはほぼ等しい値である。わが国の動物性タンパク質の比率は現在 50% 程度であるが、欧米諸国ではいずれも 60% 以上のかかなり高い比率である。

脂質の供給量は、最近急激に増加して 50g を越えるようになったが、欧米諸国ではその 2～3 倍量が供給されている。

わが国の供給食料は欧米諸国のそれに比べると相対的に穀類，豆類，野菜，卵類，魚介類が多く，肉類，牛乳，乳製品，油脂類などが少なくなっている。しかし日本人の食生活は急速に欧米人のそれに近づきつつあり，すでに過剰栄養に起因するとみられる各種の成人病も増加しつつある。この点については運動との関連についても十分検討する必要がある。

一方生活環境の汚染により食品中の残留農薬，重金属，PCB などの問題が相次いで起こり，さらに食品添加物，包装容器の問題など，食品の安全性について多くの疑問が提出されている。われわれが正しい食品学の知識を身につけわれわれ自身の食する食品についての正しい判断と対処によって健康で楽しい食生活を営むことが望まれる。

2 食品成分の化学

§1 食品の一般成分

A. 水 分

a. 食品中の水とその作用

食品として利用されるすべての動植物は水を含んでおり、水は食品中で量的に最も多い成分である。おもな食品の水分含量を表 2.1 に示した。この表からわかるように、貯蔵の目的で乾燥された穀類や豆でも 13~15% 程度の水を含んでおり、多くの食品の水分含量は 60~90% であるといえる。

表 2.1 主要食品の水分含量 (%)

穀 類	13~15	豆 腐	88~90	牛 乳	89
豆	13~16	み そ	48~50	野 菜	90~96
パ ン	30~37	魚	70~80	果 実	76~89
うどん	72	獣 肉	60~70		
飯	65	鶏 卵	75		

生物体中の水は生命維持のために必須な要素であり、生体成分を溶かしたり分散させたりして、生体成分の生体中での保持や輸送に関与しているばかりでなく、生体のゲル組織を形成している。他方、食品中の水は栄養化学のうえからはエネルギーが 0 で、栄養価のうえからは全く意義をもたない。しかし、食品の保水性と関連して、食品の物性を支配しているだけではなく、食品の貯蔵中における安定性にも大きな役割を果たしている。

b. 結合水と遊離水

食品中には常に水が存在しているが、すべての水が同じ状態で存在して同一

2 食品成分の化学

の作用をしているのではない。水は、食品の可溶性成分を溶かしているほか、食品の主成分であるタンパク質の活性基（図 2.1）あるいは炭水化物の活性基である水酸基（-OH）などと水素結合している結合水 bound water として、また熱力学的に自由に運動することのできる自由水 free water として食品中に存在している。

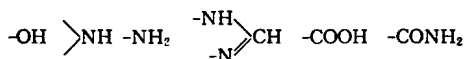


図 2.1 タンパク質の活性基

食品を乾燥すると、乾燥速度は始終同一ではなくて、自由水は容易に気化されるが、結合水は気化されにくい。また、食品を凍結すると、自由水は氷となるが、結合水は -30°C に冷却しても氷とならない。結合水は、食品の構成成分と結合して、その活性基を安定化している。これに対して、自由水は、食品の悪変に関与する微生物の増殖あるいは酵素作用に利用されるほか、非酵素的な変や脂質酸化などの化学的悪変を促進する。

c. 水分活性

水が食品中で働く作用は水の食品中での存在状態によって異なるので、水分の絶対量を示す水分含量（%）だけではなく、食品の構成成分の質と量の相違によって影響される。そのため、食品中での水の作用を論議するにあたっては、水の絶対量よりも食品中における水の水としての活性が主要な問題となる。このことから、食品中の水の作用は、水分含量よりも水分活性 water activity の見地から検討されるようになってきている。

水分活性（ A_w ）は、食品の示す水蒸気圧 P とその温度における最大水蒸気圧 P_0 との比であると定義され、食品中での水の平衡相対湿度（RH %）でも示される。

$$A_w = \frac{P}{P_0} \quad \text{RH}(\%) = \frac{P}{P_0} \times 100$$

純粋な水では、 P と P_0 とは等しく、 A_w は 1 である。希薄水溶液の水蒸気圧降下率は溶質のモル分率に等しいから

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n}{N+n} \quad \text{となり、} \quad \frac{P}{P_0} = \frac{N}{N+n} = A_w \quad \text{となる。}$$

（ N, n はそれぞれ水、溶質のモル数）

したがって、ショ糖 1 モル (342.3 g) が水 1 l (55.5 モル) に溶けているショ糖液の A_w は $55.5/(55.5+1)=0.98$ となる。

食品中の水は、食品の構成成分と共存し、これら成分を溶かしたり、これらと結合しているから、食品の示す水蒸気圧 P は P_0 よりも小さく、 A_w は 1 よりも小さい。水分活性は、一定温度における食品の水蒸気圧を測定することによって求められる。おもな食品の水分活性を水分含量と対比して図 2.2 に示した。生鮮食品の水分活性は約 0.97 であり、加工食品、乾燥食品の水分活性はこれよりも低い値を示している。

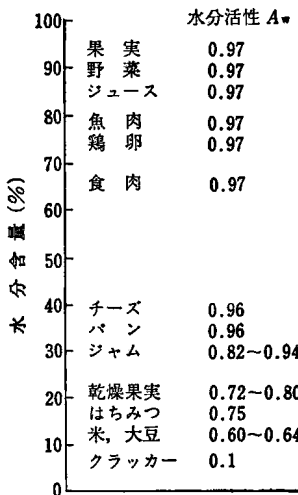


図 2.2 食品の水分活性と水分含量との関係

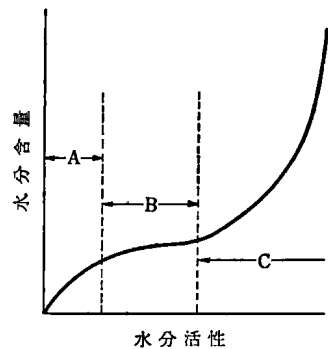


図 2.3 食品の等温吸湿曲線

食品を一定温度で吸湿あるいは乾燥させて、水分活性と水分量との関係を図示すると図 2.3 に示すような曲線が得られる。この曲線は等温吸湿曲線 water sorption isotherm である。等温吸湿曲線は逆 S 字形、すなわちシグモイド曲線を描いている。これは、水と食品の構成成分との親和力が成分によって異なるためである。食品中における水の存在状態は画一的なものではなく、カルボキシル基やアミノ基のようなイオン基と結合して単分子層を形成している水 (A)、水酸基やアミド基と結合して多分子層を形成している水 (B)、および食品中で物理的に毛管凝縮して存在している水 (C) の 3 型として水は存在している。これらのうち、A と B とは結合水であり、C は自由水である。

d. 食品の水分活性と安定性

微生物が増殖できる水分活性の限界は、図 2.4 に示すように、細菌で 0.86、酵母で 0.78、糸状菌で 0.65 である。それゆえ、この値よりも高い水分活性の食品は微生物によって悪変する可能性がある。生鮮食品は多量の水を含有し、水分活性が高いので、加工にあたっては、貯蔵のために水分活性を低くすることが必要である。この目的のために、乾燥のほかに塩蔵あるいは砂糖づけがあり、食塩、砂糖などの溶質を添加する防腐法が行なわれている。このほかの方法として凍結貯蔵がある。凍結貯蔵では、温度低下による微生物の増殖阻止効果のほかに、表 2.2 に示すような氷の生成に伴う脱水による水分活性の低下が食品の化学的悪変を防止していることも品質保持のうえからは無視できない。

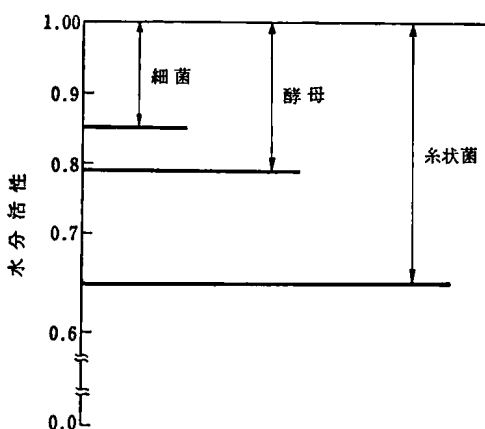


図 2.4 微生物の増殖と水分活性

表 2.2 魚の凍結温度と氷結率 (%)

凍結温度 (°C)	-2.4	-4	-7	-10	-14	-18	-22	-26	-30
氷結率 (%)	17	50	71	80	86	89	91	92	93

単分子層および多分子層を形成している水は、食品の構成成分の活性基と結合し、活性基を安定にして食品の安定化に役だっている。毛管凝縮している水は、反応物質を溶かす溶媒として作用し、反応物質の移動を助けて化学的悪変を促進し、加水分解におけるように直接反応に関与することもある。その反面、その量によっては反応物質を希釈して悪変の抑制に役だつこともある。食品の安定性と水分活性の関係は図 2.5 に示したとおりであり、水分活性が低すぎて