

食品中のマグネシウムに与える調理操作の影響

聖徳栄養短期大学

鈴木 和枝, 篠原 久恵, 坂本 真弓, 鈴木 一正

東京医科大学

藤波 襄二

Effect of Cooking Processes on Magnesium Content of Foods

Kazue SUZUKI, Hisae SHINOHARA, Mayumi SAKAMOTO and Kazumasa SUZUKI

Seitoku Junior College of Nutrition

Jouji FUJINAMI

Tokyo Medical College

Magnesium loss from foods due to cooking processes such as boiling, soaking (bleaching in water), grating, rubbing with salt, and broiling was investigated through modelled experiments using vegetables, potatoes, fish and dried noodles. Obtained results were as follows :

1. Largest loss of magnesium was observed in boiling process. This is considered to be caused by the maceration of cell walls.

2. In the experiments of boiling and soaking, the higher loss was observed when cut so as to produce the larger contacting surface area with water. The higher loss due to cooking was also observed in foods which have the higher magnesium content. It is strongly suggested that the running out of magnesium depends on the concentration gradient between the food tissue and its surrounding water.

3. Higher loss was observed in vegetables which were squeezed after boiling, compared with those not squeezed. The loss of magnesium due to rubbing with salt and grating was proportional to the weight change by the running out of water from food. It is proved that the destructin of cell walls is the primary factor of the loss of magnesium in foods.

4. In the case of dried raw noodles which have lower content of magnesium, an inverse correlation was observed between magnesium loss and weight change due to boiling. From these results, it is considered that the loss of magnesium due to cooking is related to the physical propertise of foods (water absorption, stiffness, etc.) as well as the constituents of food.

In the intake of magnesium, the cooking processes as well as the properties of foods should be flexibly considered.

Key words : Nutrition, Magnesium, Cooking loss

はじめに

マグネシウム（以下 Mg と略す）は栄養上不可欠な元素である。その必要量は日本人の場合、カルシウムとの比率から一日当り300mg が適当といわれている^{1,2)}。しかし反面、摂取量はこれを下回るとする報告^{3~11)}が多く、Mg の摂取不足の傾向が懸念される。

この原因を考えるに当たって注目すべきことは、食生活の欧風化である。近年、食生活の変化に伴って、エネルギー源としての穀類の占める割合が減少し、替って増加した油や砂糖が Mg 摂取量の低下をもたらすとされている²⁾。その上、穀類の精白技術の進歩や調理による損失が、こうした状況に拍車をかけていることも否めないところで、Mg の摂取不足を解消するためには、食品の選択を含めて食生活の改善を図るとともに、調理損失に関する検討も積極的に行う必要があると考えられる。

しかし、Mg の調理損失については今日までのところ報告例が少なく、ほとんど不明といわざるをえない実状である。本研究では、野菜、いも、魚、めんを使い、茹で（水煮を含む）、浸水、塩もみ、おろし、素焼きの各調理操作における Mg の損失率を実験的に明らかにし、そのメカニズムを考察することによって、調理時の Mg の損失を少なくし、その摂取量を高めるための工夫について検討した。

実験方法

実験の試料は、野菜28種類といも、干めん、魚の各4種類（Table 1）で、調理操作の基準は、Table 2に示すとおりである。

Table 1 実験に用いた食品の種類
Studied food materials

	野 菜			い も	干 め ん	魚
食 品 名	こ ま つ な	も や し	た ま ね ぎ	じゃがいも	マカロニ	ま ぐ ろ
	き ょ う な	は く さ い	か ぶ			
	せ り	わ け ぎ	し ょ う が			
	ほうれんそう	ブロッコリー	ご ぼ う	さといも	スパゲティ	さ わ ら
	しゅんぎく	カリフラワー	き ゅ う り			
	な ば な	さやえんどう	パ セ リ			
	チンゲンツァイ	さやいんげん	ピ ー マ ン	ながいも	干しうどん	さ ば
	に ら	そ ら ま め	セ ロ リ			
	キ ャ ベ ツ	に ん じ ん				
	み つ ば	だ い こん		こんにゃく	干しそば	ぶ り

Table 2 調理操作の基準
Standard of cooking process

調理操作	食 品	1 群当りの重量 (g)		材料重量に対する水の倍率	調 理 時 間 (分)
		無処理群	調 理 群		
茹で・水煮	野 菜 い も	200以上	200以上	1 0 (倍)	0.5～1 (そら豆 2 分)
		200以上	200以上	1 0	2～4
浸 水	野 菜 い も	100以上	100以上	1 0	5 (パセリみじん
		200	200	1 0	5 切り 1 分)
塩 も み	野 菜	200	200	—	2 0 (塩ふり後)
お ろ し	野 菜	200以上	200以上	—	5 (水切り時間)
茹 で	干めん	200	200	1 0～1 3	6～1 1
水 煮 素 焼 き	魚	350以上	350以上	3	1 0
		350以上	350以上	—	1 4

めん類を除く食品は、あらかじめ水道水で汚れを洗い落とし水気をふきとってから、必要に応じて皮むきや切断などの下処理を行い、1 群が最低でも100g 以上になるように分類した。めん類については市販の干めんをそのまま使用し、200g を1 群とした。

実験は全て、調理操作を加えない無処理群と、調理操作を加えた調理群の2 群に分けて行った。調理にはステンレス製の包丁、ザル、ポリエチレン製のまな板、ポリプロピレン製のボール、アルマイト製の鍋を使った。

茹でと浸水の操作に使った水は脱イオン水で、一部の例外を除き、いずれも食品の10倍に相当する量とした。これに茹でる際のさし水を加えたのが干めん、魚は3 倍量の脱イオン水で水煮した。塩もみには、食品の0.5%重量に相当する高純度塩化ナトリウムを使った。

調理時間は、調理操作によってかなりバラツキが大きくなった。これは、実際の調理に準じて実験を進めた結果で、このため、同一調理操作であっても食品の種類によって調理時間を変更した。

分析方法は、サンプル全量に純水を加え、ホモジナイズし、均質化したものの中から、生鮮物として5～10g に相当する量を分取した。これを70℃で蒸発乾固した後、重金属測定用濃硝酸によって湿式分解し、0.1N 塩酸と0.4N 硝酸の混酸溶液（ともに重金属測定用を使用）で50ml の定容にした後に、原子吸光法でMg を測定した。

Mg の減少率は、調理前に対する調理後の測定値から求めた。

実 験 結 果

1. 調理によるMgの減少率について

Fig. 1 は、茹での操作による Mg の減少率について、茹でた後に水気を絞る野菜と、水気を絞らない野菜の2 通りの場合を示したものである。このうち、水気を絞る野菜については調理による重量の減少が一律に20%になるよう調整した。

水気を絞らない野菜の減少率は、そらまめ3%，さやいんげん5%，さやえんどう6%と低く，最高でもブロッコリーの23%であった。これに対して，茹でた後に水気を絞る野菜では，減少率がわけぎの18%から，こまつなの44%の範囲に分布し，水気を絞ることによる脱水の影響が強く示唆された。

塩もみ操作による Mg 含有量の変化と，この際の減少率を示したのが Table 3 である。塩もみ後，調

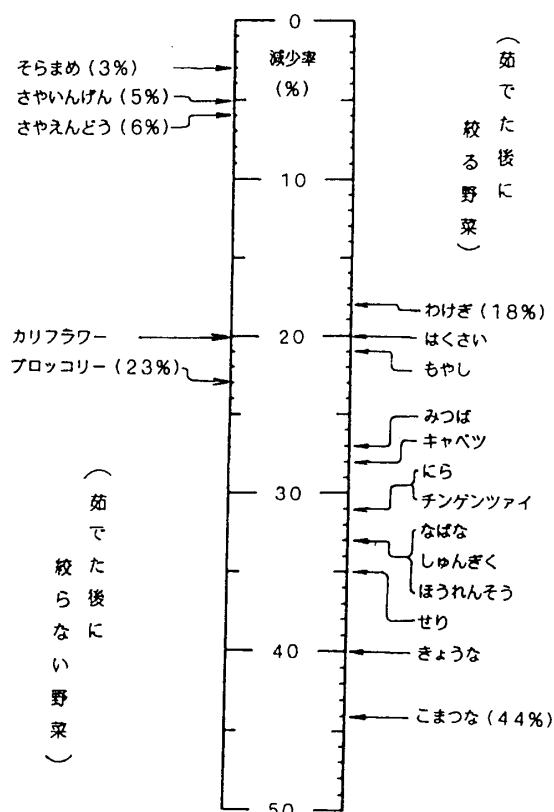


Fig.1. 『茹で』操作による Mg の減少率
—野菜の場合—

Reduction of Mg concentration by boiling process(%)
- Vegetables -

Table 3 「塩もみ」操作による Mg 含有量の変化
Change of Mg content by rubbing with salt, and the per cent reduction
() : 減少率%

	調理前の Mg 含量 mg%	「塩もみ」後の Mg 含量 mg%	
		調理による重量の 減少率10%の場合	調理による重量の 減少率20%の場合
にんじん (せん切り)	8.59	7.73(10)	6.70(22)
だいこん (せん切り)	7.55	7.51(0.6)	—
たまねぎ (うす切り)	8.06	7.90(2)	—
かぶ (小口切り)	9.79	9.59(2)	—

理による重量の減少が10%になるように水気を絞った場合では、にんじんの減少率が最も高く、その値は10%であった。しかし、同じにんじんのせん切りであっても、調理による重量の減少を20%に変えると、Mgの減少率はさらに増加し、22%になった。

同様に、おろしによるMg含有量の変化をTable 4に示す。おろしによるMgの減少率は、だいこんが22%であるのに対して、にんじんはわずか7%にすぎなかった。調理による重量の減少率も全く同様の結果で、おろしによるMgの損失も、脱水に伴う重量の変化とよく一致した。

Table 5は、水煮と浸水の各操作について、野菜といもの切り方を変えた際のMgの減少率を比較したものである。じゃがいもの減少率は、水煮の場合8ツ切りが22%、さいの目切りが29%と、さいの目切りが高い値を示した。これに比べて低率ではあるものの、浸水の場合も、8ツ切りよりはさいの目切りが高く、水との接触面積が大きい切り方のものほど減少率は高い傾向を示した。同様のことは、さといもの6ツ切り、いちょう切り、ごぼうの乱切り、いちょう切り、ささがきなどにも認められた。

Table 4 「おろし」操作によるMg含有量の変化
Change of Mg content by grating process and the per cent reduction

	調理前のMg量	「おろし」後のMg量 (減少率)	調理による重量 の減少率
	mg%	mg% %	%
だいこん	7.55	5.89 (22)	44.4
かぶ	9.79	8.32 (15)	31.2
しょうが	21.09	17.29 (18)	16.1
にんじん	8.59	7.99 (7)	4.9

Table 5 切り方の相違による減少率の違い
— 『水煮』・『浸水』の場合 —
Difference of Mg reduction according to cutting manner(%)
— Boiling and soaking —

	切り方	【水煮】による減少率		切り方	【浸水】による減少率
じゃがいも	8 ツ 切 り	22%	じゃがいも	8 ツ 切 り	4 %
	さいの目切り	29		さいの目切り	8
さといも	6 ツ 切 り	15	ご ぼ う	乱 切 り	1
	いちょう切り	48		いちょう切り	7
にんじん	さいの目切り	24	きゅうり	さ さ が き	13
	短冊切り	29		斜め切り	12
こんにゃく				小口切り	9
	3 ツ 切 り	0		せん切り	14
	乱 切 り	2	パセリ		
	さいの目切り	3		ちぎり	8
	短冊切り	3		みじん切り	21

2. 調理による Mg 含有量の推移について

Fig. 2 は、茹でた後に水気を絞る野菜 1 品 1 品について、調理前と調理後の Mg 含有量を直線で結び、調理による変化を示したものである。従って、直線の傾きが大きいものほど、調理による Mg の減少量が大きいことを表している。

これによると、ほうれんそうなど Mg を多く含む野菜は、茹でることによる減少量が大きく、Mg 含有量の低下に比例して、減少量も次第に小さくなる傾向が認められた。また、茹でた後の Mg 含有量は、ほうれんそうが 48.7mg%，チンゲンツァイが 25.2mg%，はくさいが 7.5mg% と、調理前から Mg を多く含む野菜ほど調理後の値が高いことも注目された。

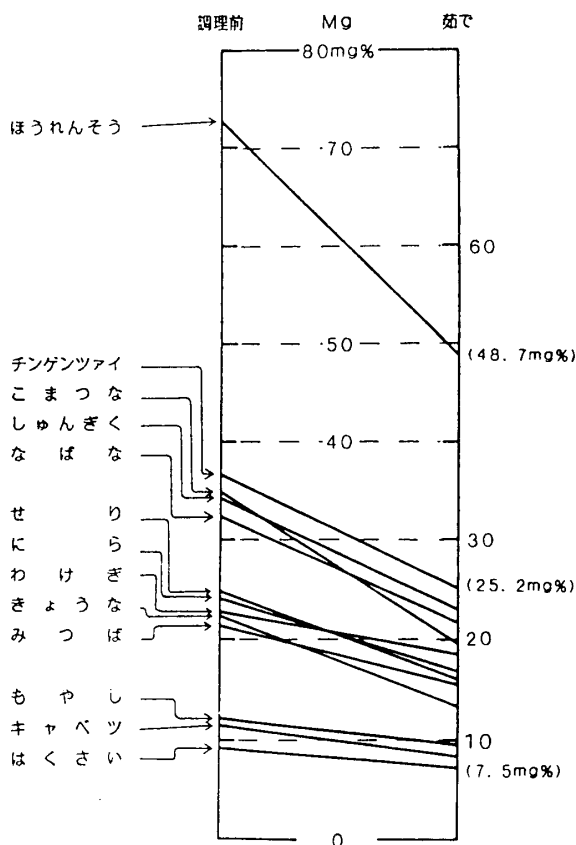


Fig.2. 『茹で』操作による Mg 含有量の変化
—茹でた後に絞る野菜—
Change of Mg concentration by boiling process
- Vegetables which squeeze after boiling -

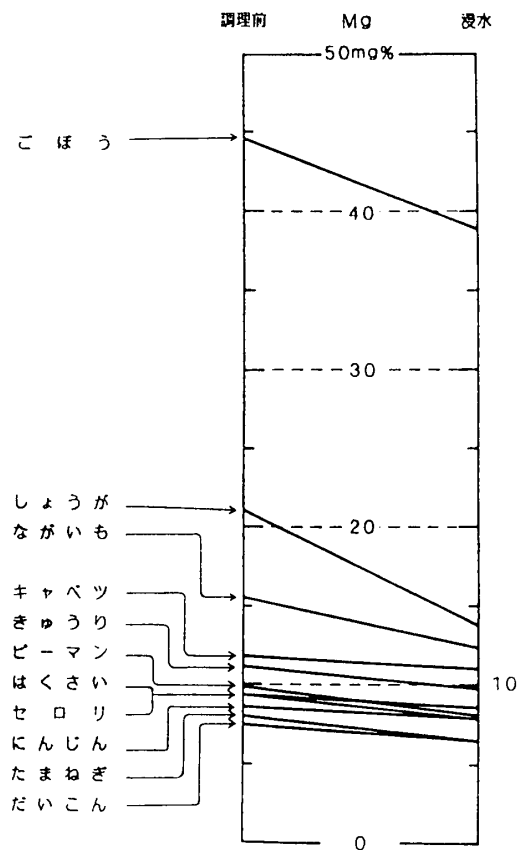


Fig.3. 『浸水』操作による Mg 含有量の変化
—せん切りにした野菜・いもについて—
Change of Mg concentration by soaking process
- Vegetables which cut into fine strips -

同様に、せん切り野菜といもについて、浸水した場合をみたのが Fig. 3 である。この場合も、Mg を多く含む食品は調理による減少量が大きく、調理後でも Mg 含有量が高い傾向を示した。

Fig. 4 は、切身魚を水煮した場合および素焼きにした場合について Mg 含有量を比較したものである。水煮による Mg の減少量は、Mg を多く含むまぐろが最大で、これも上述の成績とよく一致した。しかし、素焼きの場合ではこうした傾向が認めにくく、この際の減少率も水煮のほぼ 1/4 を占めるにすぎなかった。

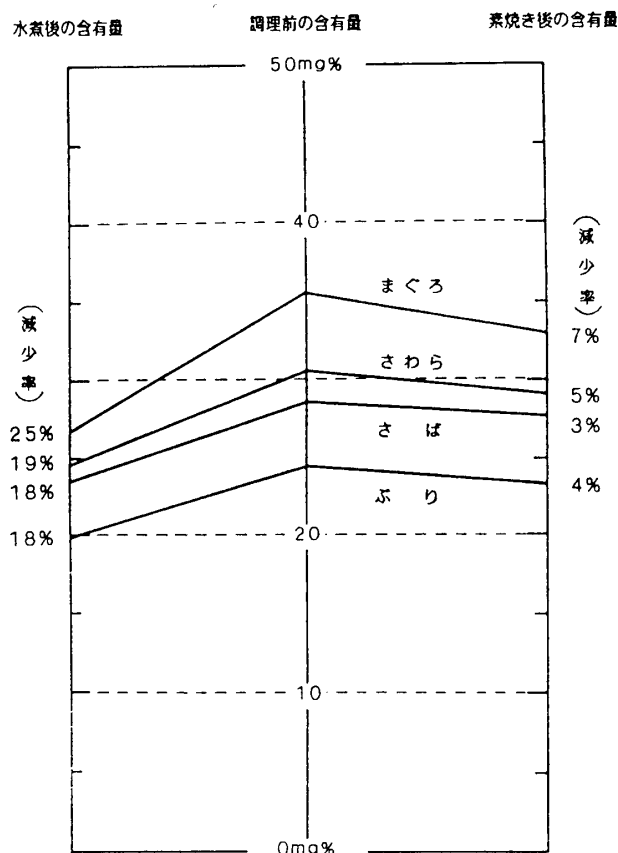


Fig. 4. 『水煮』および『素焼き』操作による Mg 含有量の変化 一切身魚について - Change of Mg concentration by boiling and broiling process - Fillet of fish -

といものの減少率が茹で（水煮を含む）20～50%，おろし10～20%，浸水1～15%，塩もみ1～10%と、中でも茹での減少率が高い値であった。魚の場合も、素焼きの減少率が3～7%であるのに対して、茹では18～25%と、Mgの損失がきわめて大きい調理操作であることが示された。同様のことは、江後ら¹²⁾、飯盛¹³⁾、鈴木ら¹⁴⁾によっても報告されている。

では、どうして茹での減少率が高いのであろうか。この点について井上¹⁵⁾は、細胞破壊が起こるためではないかと考察している。仮に、細胞

干めんを茹でた場合についてみたのが Fig. 5 である。干しうどんの Mg 含有量は、調理前が 23.4mg%と、干しそばに比べて著しく低い値を示した。しかし、茹でることによる減少率は59%と干しそばの値を大きく上回った。茹でることによる重量の増加率は、干しそばが276%であるのに対して、干しうどんは321%と高く、干しうどんの調理損失は重量の変化と逆相関する様相を呈した。

考 察

Mgの摂取量を考える上で、調理による損失を知っておくことは重要である。各種調理操作について Mg の調理損失を検討した本実験では、野菜

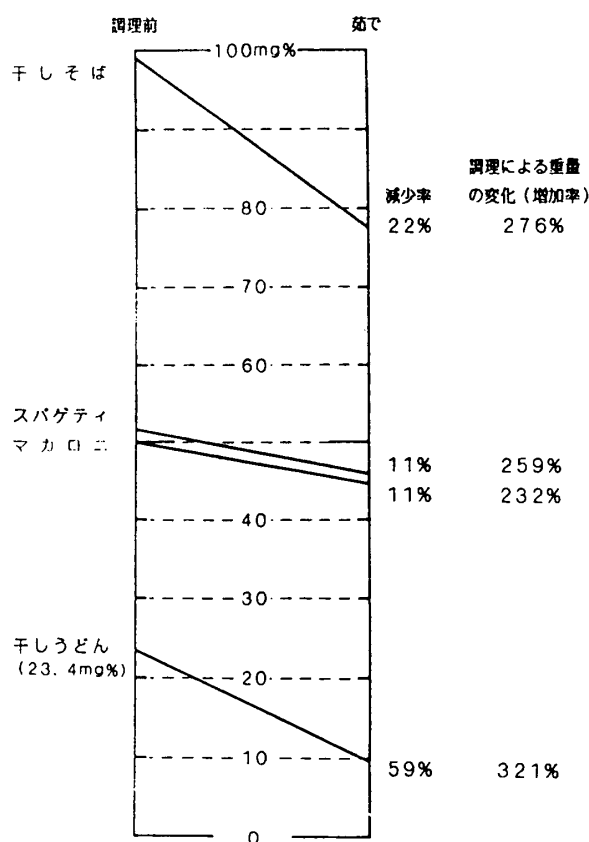


Fig. 5. 『茹で』操作による Mg 含有量の変化 干めんについて - Change of Mg concentration by boiling process - Dried, raw noodle -

破壊が原因であるならば、茹で汁には酵素など細胞内たんぱく質の指標になるアミノ態窒素が高濃度に認められなければならない。しかし、野菜を2分間茹でた飯盛の実験¹³⁾によると、茹で汁に含まれるアミノ態窒素は微量であるという。また、この際の茹で汁の成分としては、有機態無機成分に比べて無機イオンが多いとも報告している。

茹でによるMgの損失が大きいメカニズムを考えるに当たって興味深いことは、加熱調理によって野菜やいもが柔らかくなるマセレーションの現象である。通常、野菜やいもが硬いのは、細胞壁に含まれるペクチン質がカルシウムやMgなどの多価金属イオンによって安定化、不溶化しているためで、加熱調理はペクチン質をトランスエリミネーション(β -脱離)によって分解し、分子量の小さいペクチンとして茹で汁中に溶出するので、細胞間の結合力は喪失し、同時にマセレーションを起こすことが知られている¹⁶⁻²²⁾。このため、茹でることによるMgの損失は、細胞壁の変質に伴って細胞内の無機イオンが茹で汁中に拡散しやすくなった結果で、同じ拡散であっても浸水の操作は、細胞壁の変質を伴わないために減少率が小さいと考えられる。しかし、拡散は温度が高いほど起こりやすく、温度差がMgの調理損失に影響を及ぼした可能性も否定できない。

ともあれ、Mgの損失が拡散によって起こるとするならば、食品は水との接触面積が大きい切り方のものほど調理による損失は大きいと考えられる。そこで、種々の形状に食品を切断し、水煮と浸水の実験を行ったところ、水との接触面積が大きい短冊切り、いちょう切り、さいの目切りでは、6ツ切りや8ツ切りなどに比べて明らかに高い減少率が認められた。

食品中のMg含有量の推移からみた場合では、ほうれんそう、こまつな、ごぼう、しょうが、まぐろ、干しそばなどMg含有量の高い食品ほど調理の影響を受けやすく、これも拡散の関与を裏付ける成績として注目された。その上、拡散による結果とみるならば、これらの食品では調理後の値が高いという成績もよく理解することができる。

ところで、本実験によると、茹でた後に水気を絞る野菜はMgの減少率が20~45%と、水気を絞らない野菜に比べて著しく高い値であった。塩もみの場合も、水気を強く絞ることにより減少率がさらに増加し、Mgの損失は脱水に伴う重量の変化とよく一致した。このことは、調理による損失が拡散によって起こるものばかりでないことを示している。

前述した如く、茹での操作は細胞壁の変質をもたらす操作である。塩もみでは、食塩添加によって浸透圧が働くために細胞壁が変質し、破壊されやすくなっている可能性が高い。このため、水気を絞る操作によって細胞破壊が起こったことが、Mgの損失を増大させた結論づけられる。事実、本実験のうち細胞破壊を起こすおろしの操作では、調理による重量の減少に伴ってMgの減少率が増加したほどで、細胞破壊は調理損失を高める重要な要因であることが実証された。

畑ら²³⁾は、もやしなどの軟弱野菜ほどMgの減少率が高いことから、Mgの調理損失と組織の硬さや表面構造との間には深い関連性があることを指摘している。調理によるMgの溶出経路に着目すれば当然の結論で、本実験では吸水性が高い干しうどんの減少率がとくに高い値を示したことと関連して興味深い。

この他、茹でと浸水の操作をみると、調理時間や使用する水の量と種類(水道水、食塩水など)に

よって、Mgの調理損失は大きく変化することが知られている^{12,13,23-28)}。食品に含まれる酵素^{19,29)}の観点からは、加熱温度についての検討も望まれる。

以上の如く、調理によるMgの損失は多くの因子が複雑に関与した結果と考えられる。このため、Mgの摂取に当たっては食味をそこねない範囲で、これら因子の関与を最小限に食い止める工夫が欠かせない。おひたしや塩もみでは絞り方を加減する、だいこんおろしの絞り汁は捨てずに再利用する、そしてMgを多く含む食品を積極的に利用するなどは、こうした工夫の1つかと思われる。

要 約

Mgの調理による損失を把握するために、本研究では茹で（水煮を含む）、浸水、おろし、塩もみ、素焼きの各調理操作について、野菜、いも、魚、干めんを使ったモデル実験を行った。その結果は次のとおりである。

1. 各調理操作のうち、茹でによるMgの損失は、野菜といもでは浸水、魚では素焼きに比べて高く、その原因として細胞壁の変質があげられた。

2. 水煮と浸水の操作では、切り方による影響が大きく、水との接触面積が大きいものほど高い減少率を示した。また、ほうれんそう、ごぼう、まぐろ、干しそばなどMg含有量の高い食品は、茹でと浸水による減少量が大きく、Mgの損失が拡散によって起こった可能性を強く示唆した。

3. 茹でた後に水気を絞る野菜は、水気を絞らない野菜に比べてMgの減少率が高く、脱水による影響が認められた。塩もみとおろしの場合も全く同様の結果で、細胞破壊がMgの減少率を高める要因であることが実証された。

4. 干しうどんのMg含有量は23.4mg%と低値であるにもかかわらず、茹でた際の減少率は59%と著しく高く、茹でることによる重量の変化と逆相関する傾向を示した。このため、調理によるMgの損失には、食品の成分に加えて、食品そのものの物理的な性状、たとえば吸水性や硬さなどが関与しているのではないかと考えられた。

以上より、食品中のMgに与える調理の影響は様々で、多くの因子が複雑に関与した結果と考えられる。Mgの摂取に当たっては、調理操作はもとより食品についても、個々のケースごとに柔軟な対応が望まれる。

文 献

- 1) 厚生省保健医療局健康増進栄養課：第四次改定日本人の栄養所要量，P.86，第一出版，東京（1989）。
- 2) 糸川嘉則：栄養学からみたマグネシウム，循環器科，21，534-541（1987）。
- 3) 五島孜郎，沢村経子，関博磨：日本人の日常食中のミネラル含量，Ca，P，Mg，K，Naについて，栄養と食糧，25，359-361（1972）。
- 4) 尾立純子，大柴恵一，藤田忠雄，神戸保：大阪ならびに神戸市内における家庭の日常食中の無機質含量について，栄養学雑誌，41，139-145（1983）。

- 5) 鈴木一正, 新川みづほ, 小島清江, 早川徳子, 速水決: 日本人の Na, K, Mg, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd の摂取量の平常値について (1), 第27回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集, P.117 (1973).
- 6) 瓦家千代子, 大柴恵一, 神戸保, 藤田忠雄, 亀井正治, 新井弘子, 野村公子, 津田照: 大阪府下のある老人ならびに児童施設における日常食中の無機質含量について, 栄養学雑誌, 41, 147-153 (1983).
- 7) 寺岡久之, 森井ふじ, 小林純: 食品中に含まれる24種の元素量および1日の元素摂取量について, 栄養と食糧, 34, 221-239 (1981).
- 8) 武敦子, 矢野公子, 鈴木泰夫, 野田克彦: 日本人の常食する食品中のマグネシウム, マンガン, 亜鉛および銅含量, 栄養と食糧, 30, 381-393 (1977).
- 9) 鈴木泰夫, 藤井直美, 萩原由紀子, 多田芳枝: 人体における微量元素の出納に関する研究, その3. マグネシウム, 銅, カルシウムの出納について, 栄養と食糧, 25, 199 (1972).
- 10) 木村美恵子, 木村一秀, 永井清久, 泰永募, 森川雅, 夏山知, 糸川嘉則: 日本人のマグネシウム摂取量の推定, マグネシウム, 3, 1-5 (1984).
- 11) 松本恵子, 奥富善吉, 安藤まち, 一寸木宗一: 勤労長期透析患者の無機質摂取量について, 栄養学雑誌, 42, 273-279 (1984).
- 12) 江後迪子, 堤忠一, 永原太郎: 調理による野菜の無機成分の動向 (第2報) ほうれん草およびキャベツについて, 家政学雑誌, 27, 511-514 (1976).
- 13) 飯盛和代: 食品の調理化学的研究 (第1報) 野菜の中の無機成分について, 家政学雑誌, 18, 292-295 (1967).
- 14) 鈴木一正, 小島清江: 野菜, 魚肉中のK, Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn, Pb, Cd, Hg の調理操作による流出傾向, 第27回日本栄養・食糧学会講演要旨集, P.117 (1973).
- 15) 井上和子: 食品カリウム含有量の調理操作による変化, 栄養学雑誌, 30, 191-197 (1972).
- 16) 後藤重芳, 河上敦子, 高祖美紀子: 調理による野菜のペクチン質の変化 (第1報) 中性または酸性で野菜を加熱調理したときのペクチン質の変化, 家政学雑誌, 20, 235-238 (1969).
- 17) 測上倫子: 野菜の軟化に及ぼす加熱時の pH の影響, 日本栄養・食糧学会誌, 36, 219-224 (1983).
- 18) 測上倫子, 岡本賢一: 希塩酸および酢酸塩緩衝液による二, 三の野菜のペクチン質の分別抽出方法について, 日本栄養・食糧学会誌, 37, 57-64 (1984).
- 19) 測上倫子: 調理のさいのだいこんの軟化とペクチン質の変化との関係, 家政学雑誌, 37, 1029-1038 (1986).
- 20) 測上倫子: 野菜を加熱調理したさいの軟化の難易とペクチン質との関係, 日本家政学会誌, 38, 465-473 (1987).
- 21) 田村咲江: 野菜の煮熟軟化の機構について (第1報) ダイコン根部の煮熟軟化に及ぼす食塩添加の影響, 日本家政学会誌, 38, 375-381 (1987).
- 22) 田村咲江: 野菜の煮熟軟化の機構について (第2報) ゴボウの煮熟軟化性と柔組織における細胞壁の特徴—ダイコンとの比較において—, 日本家政学会誌, 40, 995-1002 (1989).

- 23) 畑明美, 南光美子: 洗浄操作による野菜中無機成分の溶出の変化, 調理科学, 16, 47-51 (1983).
- 24) 畑明美, 南光美子: 浸漬操作による野菜, 果実中無機成分の溶出の変化, 調理科学, 16, 52-56 (1983).
- 25) 出雲悦子, 大木和香子: 「あく」の中の無機成分の調理操作による溶出について (第1報) よもぎの場合, 調理科学, 12, 101-104 (1979).
- 26) 出雲悦子, 大木和香子, 山田節子: 「あく」の中の無機成分の調理操作による溶出について (第2報) ごぼう, れんこん, うどの場合, 調理科学, 14, 118-122 (1981).
- 27) 出雲悦子, 岡田貞子, 山田節子: 「あく」の中の無機成分の調理操作による溶出について (第3報) ふきの場合, 調理科学, 14, 188-191 (1981).
- 28) 江後迪子, 堤忠一, 永原太郎: 調理による野菜の無機成分の動向 (第1報) パセリについて, 家政学雑誌, 26, 540-543 (1975).
- 29) 新田ゆき: ジャガイモおよび他の野菜果実類のペクチン質に及ぼす予加熱の効果, 家政学雑誌, 26, 173-176 (1975).