

貧血に関する研究

第3報 鉄鍋から溶出する鉄分について

研究第4部 土井正子・武藤静子

I 緒言

最近、一般に栄養状態が向上しているとみなされているにもかかわらず、血液の比重が軽いために献血できない人が特に女子に多いと言われている。そして貧血に関しては、幼児期¹⁾、思春期、成人女子、妊婦、農村婦人に問題²⁾がある。また既知のように厚生省の食生活改善普及運動においても貧血が取り上げられ、貧血を予防および回復するための食生活指導の重要性がクローズアップされている。

貧血の原因としては、血色素生成のための蛋白質や鉄の摂取量の不足や、鉄の吸収率を促進するためのビタミンCのとり方が少ない場合のような食物摂取上の偏りとともに、最近用いられている調理器具にも問題があるとする意見もある。昔は³⁾鉄釜や鉄鍋、鉄ビン、鉄の包丁などのように鉄を用いた調理器具が使用されていたが、最近ではこれらにとって代り、アルミニウムやステンレス製の調理器具が大半となったために、これらから溶出する鉄分を利用できなくなったことも、最近の貧血の増加と関連があるろうというのである。

我々はこの実験において、一般に用いられることの多い調理法を選び、調理条件によって鉄鍋から溶出する鉄の分量の違いを知ることと、鉄鍋の表面を油脂で被膜した場合としない時との鉄溶出の差を知ることが目的とした。

II 実験方法

実験に用いた加熱器具は鉄鋳物フライパン、鋼板フライパンの2種、調理材料はタマネギを用いた。実験は調理時間、油または水の添加、食塩、食酢、トマトケチャップによる調味を第1表のような条件下で行った。すなわち

(1) 調理器具

実験に使用した調理器具は、鋼板フライパン(直径20cm, ヨートー製)と鉄鋳物フライパン(直径20cm, メイコー製)である。

第1表 調理条件(タマネギ100gに対して)

加熱器具	油 (g)	食塩 (%)	食酢 (%)	トマト ケチャ ップ (%)	湯 (ml)	加熱 時間 (分)
鉄 鋳 物 フライパン	0	1	0	0	50	5
	0	1	0	0	300	20
	0	1	0	0	500	5
	0	1	0	0	500	20
	0	1	10	0	50	5
	0	0.5	0	15	500	20
	4	0	0	0	0	5
	4	1	0	0	0	5
	4	1	0	0	50	5
	4	1	0	0	50	10
	4	1	0	0	500	20
	4	1	10	0	0	5
	4	1	10	0	50	5
	4	0.5	0	15	0	5
4	0.5	0	15	500	20	
鋼 板 フライパン	0	1	0	0	50	5
	0	1	10	0	50	5
	4	0	0	0	0	5
	4	1	0	0	0	5

試料を調製するために用いた器具は、実験操作中に鉄鍋以外からの鉄の混入を妨ぐためにステンレス製の包丁と茶こし、木製のまな板、ハウロウ製のボールを使用した。

(2) 材料

新鮮なタマネギを、極く細かきみじん切りにし、1回

100 g を使用した。

(3) 油

油としては、サラダオイルを用いた。フライパンはナイロンたわしにクレンザーをつけて磨き、熱湯をかけて直ちに乾燥させてすぐ使用する場合と、この後油ふきし、次いで油 4 g を加えて表面にまんべんなくゆきわたらせて油被膜を作る場合の二通りとし、この両者の結果を比較した。なお実験後のフライパンは、上記のように処理し油ふきして保管した。

(4) 添加物

調味料は、①無添加、②1%食塩、③1%食塩+10%酢、④0.5%食塩+15%ケチャップとした。これは一般的に調理に用いられている分量を選択した。酢はミツカン醸造酢(原材料:アルコール・酒粕・酸度4.2%以上)トマトケチャップはカゴメを使用した。湯の添加量は 0 ml, 50 ml, 300 ml, 500 ml の 4 段階とした。なお実験には脱イオン水を用いたが、PFフィルターを設置して水道水中の鉄イオンを除去した。

(5) 加熱時間

加熱時間は 5 分、10 分、20 分とした。加熱は 600W の電熱器で行った。

(6) 試料の調製方法

加熱器具にタマネギ 100 g を入れ湯を無添加ないし 50

ml 添加の場合には常に木杓子で攪拌しながら加熱した。加熱終了後に重量を計り蒸溜水で 100 g として均一になるようよく攪拌し 10 g を磁製蒸発皿に採取し、鉄測定に供した。湯を 50 ml 添加した場合にはほとんど蒸発してしまうので、試料採取に当り食品材料と溶液とに区別しなかった。湯を 300 ないし 500 ml 添加する場合には、先づ湯に調味料を加え、これを材料とまぜてから加熱器具に移し充分攪拌してから所定の時間加熱した。加熱終了後、ステンレス製の茶漉しで食品材料と溶液を分別し、それぞれの重量を測定した。食品材料は上記のようにして鉄測定に供した。溶液は均一になるまでよく攪拌してからホールピペットで 20 ml を磁製蒸発皿に採取し、鉄測定に供した。

(7) 鉄の定量

上記のようにして磁製蒸発皿に採取した試料をあらかじめ予備加熱し、500~550°C で灰化し、オルトフェナントロリン比色法⁴⁾で鉄含量を測定した。

(8) PH の測定

PH の測定は調理後に PH 試験紙で測定した。

III 結果と考察

実験結果は以下のように、(A)油を用いた時と(B)油を用いない時とに大別し、添加物の有無や調味料の種類など

第 2 表 調味料を添加しないで加熱した場合の鉄含量

加熱器具	タマネギ (g)	油 (g)	添加物	加熱時間 (分)	実験回数 (回)	食品 100 g 当りの鉄含量 (mg%)	生の鉄含量に対する倍数 (生を 1.0 とした場合) ※	PH
生	100	0	0	0	5	0.41±0.09	1.0	5.4
鉄 鋳 物	100	4	0	5	6	0.60±0.16	1.5	5.2~5.4
鋼 板	100	4	0	5	6	0.50±0.07	1.2	5.2~5.4

※ $\frac{\text{食品 100 g 当りの鉄含量}}{\text{生 100 g 当りの鉄含量}}$

第 3 表 食塩を添加して加熱した場合の鉄含量

加熱器具	タマネギ (g)	油 (g)	添加物		加熱時間 (分)	実験回数 (回)	食品 100 g 当りの鉄含量 (mg%)	生の鉄含量に対する倍数 (生を 1.0 とした場合)	PH
			食塩 (%)	湯 (ml)					
鉄鋳物	100	0	1	50	5	3	1.24±0.17	3.0	5.2~5.4
鋼板	100	0	1	50	5	4	1.09±0.20	2.7	5.2~5.4
鉄鋳物	100	4	1	0	5	5	0.59±0.11	1.4	5.2~5.4
鋼板	100	4	1	0	5	5	0.51±0.07	1.2	5.2~5.4
鉄鋳物	100	4	1	50	5	5	0.67±0.10	1.6	5.2~5.4
鉄鋳物	100	4	1	50	10	4	1.12±0.26	2.7	5.2~5.4

の調理条件のちがいが鉄溶出にどのような影響を及ぼしているかをみていく。

A) 油を用いた時

(1) 添加物なしの場合

鉄鋳物フライパンおよび鋼板フライパンの表面に油4gを流し、タマネギ100gを5分間加熱してから鉄含量を測定した。その結果は第2表のように、食品100g当りの鉄含量はそれぞれ0.60mg%と0.50mg%になった。対照として測定した生タマネギの鉄含量0.41mg%と比較すると、1.5倍と1.2倍の鉄含量となっており各々0.19mg%と0.09mg%の鉄が、加熱器具より溶出してタマネギに移行したと考えることができよう。

実験に用いたフライパンは両者とも昭和49年9月に購入し、新品の状態の時からクレンザーで磨き、ただちに乾燥させ油をぬって保管するという方法で使用し続け、最後の使用日まで約2年の期間があった。しかし新品の時と約200回使用した2年後とで鉄の溶出量に差はみられなかった。また同一実験日に数回測定したが、加熱器具の使用順序による影響も認められなかった。

(2) 食塩を添加した場合

鉄鋳物フライパンと鋼板フライパンに油4gを流し、タマネギ100gを1%食塩で調味してから5分間加熱した場合の食品100g当りの鉄含量は、第3表のように

0.59mg%と0.51mg%となり、添加物なしの場合(第2表)と比較して差がなかった。

油および食塩の他、さらに湯50mlを加えた場合(加熱時間を5分以上にするためには、焦げつきを防ぐのに必要)の鉄含量は0.67mg%となり(第3表)、湯50mlを加えることによりわずかではあるが鉄溶出が促進される傾向がうかがわれた。

加熱時間を10分になると食品100g当りの鉄含量は5分加熱と比較して約2倍、生タマネギと比較して約2.7倍に増加した。

平野⁹⁾は軟鋼の腐食性に関して、24時間浸漬した場合、純水より3%食塩水の腐食量が大きかったと報告しているが、当実験で調味料無添加と1%食塩添加の場合に差がなかったのは、油被膜で表面をおおっていたこと、また加熱時間が5分間と短時間であったためと推測される。

(3) 食酢を添加した場合

油を流した鉄鋳物フライパンに1%食塩と10%食酢で調味したタマネギ100gを入れ、5分間加熱した場合の鉄含量は、第5表のように0.73mg%で、生タマネギの鉄含量の1.8倍であった。食塩1%のみの添加と比較すると約25%増である。また同一条件に湯50mlを加えて加熱した場合の鉄含量は1.12mg%、生の鉄量の2.7倍(第5

第4表 食塩を添加した場合の食品および溶液中の鉄含量(湯300以上加えた時)

加熱器具	タマネギ(g)	油(g)	添加物		加熱時間(分)	実験回数(回)	食品100g当りの鉄含量(mg%)	生の鉄含量に対する倍数	溶液100ml当りの鉄含量(mg%)	食品と溶液中の合計鉄含量(mg)
			食塩(%)	湯(ml)						
鉄 鋳 物	100	0	1	500	5	5	0.87±0.09	2.1	0.54±0.16	3.50±0.78
鉄 鋳 物	100	0	1	300	20	4	1.87±0.39	4.6	1.46±0.16	4.28±0.70
鉄 鋳 物	100	0	1	500	20	6	1.80±0.16	4.4	1.48±0.25	7.40±1.22
鉄 鋳 物	100	4	1	500	20	4	0.95±0.12	2.3	0.41±0.18	2.37±0.73

第5表 食酢またはトマトケチャップを添加して加熱した場合の鉄含量

加熱器具	タマネギ(g)	油(g)	添加物			湯(ml)	加熱時間(分)	実験回数(回)	食品100g当りの鉄含量(mg%)	生の鉄含量に対する倍数	PH
			食塩(%)	食酢(%)	トマトケチャップ(%)						
鉄 鋳 物	100	0	1	10	0	50	5	6	7.75±3.22	18.9	4.2
鋼 板	100	0	1	10	0	50	5	6	6.14±0.95	15.0	4.2
鉄 鋳 物	100	4	1	10	0	0	5	5	0.73±0.18	1.8	4.2
鉄 鋳 物	100	4	1	10	0	50	5	6	1.12±0.10	2.7	4.2
鉄 鋳 物	100	4	0.5	0	15	0	5	4	0.49±0.22*	1.2	4.2

* トマトケチャップの鉄含量(2.3mg%)を差引いた値

第6表 トマトケチャップを添加した場合の食品および溶液中の鉄含量

加熱器具	タマネギ (g)	油 (g)	添加物			加熱時間 (分)	実験回数 (回)	食品100g当りの鉄含量 (mg%)※	生の鉄含量に対する 倍数	溶液100ml当りの鉄含量 (mg%)※	食品と溶液中の合計鉄含量 (mg)※
			食塩 (%)	トマトケチャップ (%)	湯 (ml)						
鉄 鑄 物	100	0	0.5	15	500	20	5	4.69±1.23	11.4	3.40±0.90	19.54±4.91
鉄 鑄 物	100	4	0.5	15	500	20	3	0.85±0.17	2.1	0.53±0.23	2.96±1.15

※ トマトケチャップの鉄含量 (2.3mg%) を差引いた値

表)となり、食塩1%と湯50mlを添加した場合と比較すると約70%増となった。以上のように10%食酢を添加することにより、鉄の溶出が容易になることがわかった。

(4) トマトケチャップを添加した場合

本実験においては食塩濃度を1%に統一してある。そこでトマトケチャップ(食塩3.5%含有として計算)15%と食塩0.5%を合わせて約1%の食塩濃度にした。

油4gを流したフライパンで、0.5%食塩と15%ケチャップで調味したタマネギ100gを5分間加熱した場合の鉄含量は、第5表のように0.49mg%、生タマネギの鉄含量の1.2倍となり、トマトケチャップを添加したことによる鉄溶出への影響は添加物なしの場合より低かった。なおトマトケチャップの鉄含量として100g当り2.3mg(日本標準食品分析表による)の割合で、使用したトマトケチャップ中の鉄量を減じて計算した。

B) 油を用いない時

(1) 食塩を添加した場合

クレンザーで磨き熱湯かけて乾燥させたフライパンを油を用いずに使用した。すなわちフライパンに1%食塩で調味したタマネギ100gに、湯50mlを加えたものを入れて5分間加熱した。結果は第3表のように、鉄鑄物フライパンでの鉄含量は1.24mg%、鋼板フライパンの鉄含量は1.09mg%となり、油を流してから加熱した場合と比較して、油を用いなかった場合には食品100g当りの鉄含量が約2倍に増加した。また油を用いずに1%食塩で調味した湯500ml中でタマネギ100gを20分加熱した場合には、第4表のように、油を用いた場合に比較して、食品100g当りの鉄含量で約2倍、溶液100ml当りの鉄含量で約3.5倍、食品と溶液中の合計鉄含量で約3倍の高値を示した。以上のように、鉄製フライパンでは、油を流してから調理すると、油を用いなかった場合に比較して鉄含量が低かった。すなわち油を用いるとフライパン表面に油によって、被膜が作られることにより、鉄が溶出されにくくなると考えられる。

加熱時間の影響についてみよう。油を流していない鉄鑄物フライパンに、1%食塩に調味した湯500mlとタマネギ100gを加えて、5分間と20分間加熱した場合、各

々の鉄含量は第4表のように食品と溶液中の合計で3.50mgと7.40mgとなり、加熱時間が長いほど鉄の溶出量が多かった。

次に加えた溶液量の影響をみる。1%食塩添加で5分加熱の条件で、湯50ml添加の場合には100g当りの鉄含量が1.24mg%(第3表)であったが、湯500ml添加した場合には、食品と溶液中の合計鉄含量が3.50mgとなり、加熱時間が同じならば、加えた溶液量が多いほど鉄の溶出量は増加していた。また20分加熱の場合でも第4表のように300ml添加と500ml添加の場合を比較すると、500ml添加の鉄溶出が多かった。

(2) 食酢を添加した場合

鉄鑄物フライパンと鋼板フライパンで、油を用いずに1%食塩と10%食酢を加えたタマネギ100gを湯50mlとともに5分間加熱した場合の鉄含量は第5表のように、7.75mg%と6.14mg%となり、同条件で油を用いた場合の約7倍であった。これを生タマネギの鉄含量と比較すると約20倍と15倍、1%食塩と湯50mlのみを添加した場合と比較すると約6倍である。

このように油を用いずにPHが酸性側になった時には、5分間と短時間であってもかなりの鉄が溶出し、タマネギ中に移行していることがわかった。なおこの結果は後藤⁹⁾による0.1%酢酸水による鉄鍋からの鉄溶出量と大体等しかった。

同一調理条件について、鉄鑄物と鋼板フライパンの両者を使用したものは、4組の実験結果があるが、いずれの場合も鋼板フライパンを使用した時の鉄含量が低かった。

(3) トマトケチャップを添加した場合

油を用いずにトマトケチャップを添加したものは、第6表のように、湯500mlを0.5%食塩と15%トマトケチャップで調味し、100gのタマネギを加えたものを20分間加熱した場合だけであるが、その鉄含量は19.54mgとなり、油を用いた場合の約7倍となった。また油を用いず、1%食塩添加のみで、湯500ml、20分加熱の場合と比較すると、約2.5倍の鉄含量であった。先述したように油を用いて5分間加熱した場合には第5表に示した通

り、1%食塩添加のみと比較してもトマトケチャップ添加した影響は観察されなかつたが、油をいれずに20分加熱続けると15%トマトケチャップによる鉄溶出は1%食塩添加の場合よりも促進されることがわかった。

以上本実験によって得られた、調理条件のちがいが鉄鍋からの鉄溶出量にどう影響しているかその結果を報告した。鉄製の調理器具から鉄が溶出されるということに関しては⁹⁾いくつかの報告がある。しかしこの鉄分が人体に利用されるものであるか明らかではない。

鉄製の調理器具から溶出する鉄はどのような状態であろうか。鉄製の調理器具に水を加えて加熱すると鉄の表面より鉄イオンが溶出⁹⁾してくる。そしてその一部は水中の水素の水酸化物と作用して水酸化第一鉄の形で水溶液中に存在する。ここに酢やケチャップを加えた場合には鉄イオンはこれらの調味料中の酢酸や有機酸と結合して、酢酸第一鉄や有機酸第一鉄などになる。このように鉄鍋から溶出された鉄は無機鉄イオンか水酸化第一鉄(2価のイオン)などとして存在していると考えられる。

食品中の鉄は、すべて吸収されるわけではなく、磷酸、タンニン酸、フィチン酸などと結合して不溶性の化合物となっているものは吸収されない。吸収されるものはそれ以外の容易にイオン化される利用可能鉄⁹⁾といわれる状態のものである。これらのうち、2価の鉄イオンに還元されたものだけが腸管から吸収されるという。故に鉄鍋から溶出された無機鉄イオンや水酸化第一鉄(2価のイオン)は人体に吸収されやすいのではなからうか。

実際にこれら鉄鍋から溶出された鉄が人体に吸収されるものならば、鉄鍋で調理した加熱食品中の鉄含量は、本実験における調理条件によっても生タマネギと比較して1.2~19倍に増加しているので、鉄製の調理器具を使用することは、所要量を満たしにくい鉄の摂取量に寄与する力があると考えられる。

IV 要 約

最近、一般に栄養状態が向上しているとみなされているにもかかわらず、幼児期、思春期、成人女子、妊婦、農村婦人などの貧血が問題になっている。貧血の原因として、食物摂取上の偏りとともに、昔は鉄釜や鉄鍋、鉄ビン、鉄包丁などのように鉄を用いた調理器具が使用されることが多かったが、最近ではこれらのものに代ってアルミニウムやステンレス製の調理器具が大半となったために、これら調理器具から溶出する鉄を利用することが少なくなったとする意見もある。そこで本実験は、一般に用いられることの多い調理法を選び、調理条件によ

って鉄鍋から溶出する鉄量がどのようになっているか知るために行つた。6種の加熱調理法(1)~(6)のうち(1)~(3)に実験に用いた加熱器具は鉄鋳物フライパンと鋼板フライパンの2種である。調理材料としてはタマネギ100gを用いた。調理条件は、油または水の添加、食塩や食酢やトマトケチャップの添加などを組合わせて20組の測定を行った。その結果は次の通りである。

- 1) 鉄鋳物および鋼板フライパンに油を流し、タマネギ100gを加えて加熱した場合の鉄含量は、添加物なしであっても1%食塩を添加しても、その値はほぼ等しく生タマネギの鉄含量の1.2~1.6倍(5分加熱)になった。1%食塩を添加して油を用いずに調理した場合には鉄溶出量が多くなり、食品100g当りの鉄含量は、油を用いた場合の約3倍(5分加熱)となった。
- 2) 食塩以外の調味料による鉄溶出量への影響をみた。油を用いた場合には、1%食塩と10%食酢添加で生タマネギの鉄含量の約2倍(5分加熱)に増加したが、0.5%食塩と15%トマトケチャップを添加して5分間加熱した場合には、トマトケチャップ添加による鉄溶出の増加は観察されなかつた。油を用いない場合には、1%食塩と10%食塩酢添加の場合には、生の鉄含量の15~20倍(5分加熱)、0.5%食塩と15%トマトケチャップ添加で11倍(20分加熱)の増加がみられた。
- 3) 鉄の溶出量は以上のように油の有無、調味料の種類によって影響されるばかりでなく、加熱時間が長いほど、また加える溶液量が多いほど鉄溶出量が多くなることがわかった。
- 4) 以上のように鉄製フライパンから溶出した鉄は調理された食品に移行し、実際に摂取する場合には、本実験の調理条件では生食品の鉄含量より約1.2~19倍に増加していることがわかった。これらの鉄分のうちいかほどが人体に利用されるかは明らかではないが、鉄鍋から溶出した鉄は無機鉄イオンないし水酸化第一鉄(2価のイオン)などの人体に吸収されやすい形で存在していると考えられる。

文 献

- 1) George M. Owen: Preschool children in the United States: Who has iron deficiency? The J. of Ped. 79(4) 563~568, 1971.
- 2) 野村茂:「生活と貧血」医歯薬出版, 1976
- 3) 小柳達男:「食品栄養学」南江堂, 1969, 175頁
- 4) 永原太郎:「食品分析法」柴田書店, 1969, 163頁
- 5) 平野美那世:調理器具の腐食性に関する研究(第1報)家政学雑誌, 27(2) 65~70, 1976

6) 後藤たへ：調理器具の調理時中における微量溶出成分について（第1報）栄養と食糧，6(2) 18~25, 1953
7) C. V. Moore: Modern Nutrition in Health and Disease Philadelphia 1973, P. 342.

8) 岡本剛：「腐食と防食」大日本図書
9) 中山健太郎：食品の利用可能鉄と小児の鉄摂取量、小児科診療，28(2) 14~20, 1965