

# カルシウム，鉄を強化したぬか漬けに関する研究

森裕子<sup>1</sup>，井上妙子<sup>2</sup>，四元博晃・田中幸男<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>佐賀短期大学食物栄養学科，<sup>2</sup>ディサービスセンターこの気なんの気)

(平成15年10月31日受理)

## A Study on Adding Calcium and Iron to "Nukaduke"

Yuko MORI<sup>1</sup>, Taeko INOUE<sup>2</sup>, Hiroaki YOTSUMOTO・Yukio TANAKA<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Saga Junior College,

<sup>2</sup>Day service center, Konokinannoki)

(Accepted October 31, 2003)

### Abstract

We experimented on the adding calcium (Ca) and iron (Fe) to traditional "nukadoko" as a new Ca and Fe-rich Nukaduke. In the experiment I ("Nukadoko" containing egg-shell and iron-nail) Ca and Fe in "nukaduke" decreased compared with raw vegetables. In the experiment II ("nukadoko" containing 1%CaCO<sub>3</sub>, 1%Fe powder) Ca and Fe in a eggplant in "Nukadoko" increased compared with raw vegetables. In case of cucumber, Fe increased as the soaked time increased. While, Ca decreased. In the experiment III(a model experiment, salt solution containing 0.01~1.0% Ca<sup>2+</sup>) 0.5% Ca<sup>2+</sup> was a proper amount. All the results of experiments I~III indicates that "Nukadoko" composed of 1l water and 50g salt to 1kg "komenuka", 15~30g of CaCO<sub>3</sub> and 10g of Fe is a proper condition.

**Key words** : calcium カルシウム  
iron 鉄  
nukaduke ぬか漬け

## 1. はじめに

近年、わが国において過剰栄養が問題にされている中で、栄養所要量が達成できず、不足し続けているのがカルシウム (Ca) である<sup>1)</sup>。現在の日本は、世界一の長寿国であり、高齢者人口は増加し続けている。これに伴って、骨粗しょう症<sup>2)</sup>や骨折が増加する傾向にある。このような骨疾患の増加は、日本人に共通したCa摂取不足によって助長されている。骨粗しょう症を防ぐためには、最大骨塩量に達する20歳代に、なるべく高い骨塩量に到達しておくことが重要である。しかしながら、平成13年の国民栄養調査<sup>1)</sup>では、男女とも若い年齢層のCa摂取量が低く、改善すべき問題である。

日本人のCa補給対策として奨励されているのが、牛乳・乳製品の摂取であり、また小魚や海藻などの摂取である。日本人の食習慣は変化に伴い、牛乳・乳製品の摂取量は増加しているが、一方ではこれらの食品を嫌う人も多い。本学女子寮生の食生活調査では、牛乳・乳製品が嫌いとの回答が21.3%であった<sup>3)</sup>。したがって、欧米風の食事に不慣れた高齢者ではこの割合がさらに高くなるものと考えられる<sup>4)</sup>。そこで、高齢者にも容易にCa補給ができる食品を開発する必要がある。

日本人の鉄 (Fe) 摂取量は、平成13年の国民栄養調査<sup>1)</sup>によると、ほとんどの年齢層において第六次改定「日本人の栄養所要量」<sup>5)</sup>を下回っている。これはCa不足と同様に深刻な問題であり改善すべきである。特に女性の11歳から閉経までの所要量が12mgであるにもかかわらず、摂取量は7.1~7.8mgと少ない。医学的には若い女性に潜在性貧血が多いことが指摘されており、この原因の一つとして、やせ指向による食事制限 (いわゆるダイエット) が考えられている<sup>6)</sup>。これを解決する方法として、女性のFe補給食品を開発する必要性がある。

わが国では昔から、風味のよい、色鮮やかな漬物を漬けるため、ぬか床に卵の殻、古くぎを加えていたが、このような漬物は最近減っている。卵の殻のCa、古くぎのFeは日本人に不足している無機質栄養素である。そこで本研究では、ぬか床にどの程度の炭酸カルシウム (CaCO<sub>3</sub>) やFeを加えれば、風味の良い、CaやFeに富んだ強化食品としてのぬか漬けができるか検討した。

## 2. 実験方法

### 2. 1 ぬか床の構成成分

ぬか床は、調味料などを混合済みの市販の乾燥ぬか床 (商品名:ぬかの床, 1袋の内容500g) を購入して使用した。使用に際しては、ぬかの床1袋に水道水150mlを加えて混和した。

その構成成分は、(製造元の表示による) 米ぬか、こうじ、トウガラシ、ウコン、化学調味料、麦芽糖 (還元)、塩分 (食塩を含む全塩分濃度) 13.6%、クエン酸、クエ

ン酸ナトリウム、リンゴ酸、リンゴ酸ナトリウム、L-グルタミン酸ナトリウム、コハク酸IIナトリウムである。

### 2. 2 ぬか床に漬ける野菜の処理

ぬか床に漬けるきゅうり及びなすはスーパーマーケットで購入し水で洗い、両端を切り落とし、さらにたて半分に切り、水気を拭き取ってからぬか床に漬けた。きゅうり、なすの大きさ、漬ける時間などは、実験ぬか床、対照ぬか床とも同じ条件にした。

### 2. 3 ぬか床の調製と野菜の漬け込み

#### 2. 3. 1 ぬか床の調製

今回の実験ではぬか床は二種類を調製して用いた。

市販の乾燥ぬか床1500gに鶏卵の殻を割って粒状にしたもの5g、鉄くぎ5本 (45g) を加え、水道水450mlを加えて混合した後、25日間熟成し、ぬか床として実験に使用した。(以下実験Iぬか床と記述する) 鉄くぎは5本まとめてガーゼに包み、ぬか床に埋めた。なお、鶏卵の殻及び鉄くぎを入れずに、その他の条件は上記のぬか床と同じように調製したものを対照ぬか床とした。

市販の乾燥ぬか床1500gに、CaCO<sub>3</sub> (粉末) 15g、Fe (粉末) 15gを加え、水道水450mlを加えてよく混合した後、146日間熟成し、ぬか床として実験に使用した。(以下実験IIぬか床と記述する) なお、CaCO<sub>3</sub>とFeを添加せず他の条件は同一の対照ぬか床も調製した。

#### 2. 3. 2 試料の調製

野菜はぬか床に漬け、6、12、18、20、24時間後にぬか床から取り出し、付着したぬかを除き、105℃の定温乾燥器内で3日間乾燥して分析のための試料とした。

### 2. 4 分析方法

乾燥した試料を、マッフル炉に入れ、550℃で加熱した。灰化後、5N塩酸を加えて溶解し、不溶のケイ酸を除いたのち、蒸留水を加えて全量を正確に100mlとし、分析のための試料とした。

Caの分析は過マンガン酸カリウム容量法<sup>7)</sup>、Feの分析はオルソフェナントロリン比色法<sup>8)</sup>を用いて測定した。

## 3. 実験結果

### 3. 1 ぬか床のpH測定

実験を開始する前に、ぬか床のpHを比較した。pHの測定は、ベックマンpHメータ (Φ™300シリーズ) を使用した。表1に示すとおり、対照ぬか床のpHは実験ぬか床

表1 ぬか床のpH

ぬか床の種類	pH	
	25日後	146日後
実験ぬか床	5.07	5.36
対照ぬか床	4.55	4.93

のpHより低かった。これはぬか床に加えたCaCO<sub>3</sub>やFeによって、あらかじめぬか床材に含まれているリンゴ酸やクエン酸、あるいはぬか床の発酵で生産される乳酸などの有機酸が中和されたためであると考えられる。したがって、CaやFeの一部は酸に溶解し、イオンとしてぬか床中に存在するものと推測される。

### 3. 2 ぬか床の塩分による野菜の脱水量の測定

ぬか床の塩濃度が野菜細胞内液の塩濃度より高いため、野菜をぬか床に漬けると野菜水分の一部は脱水されてぬか床中に出る。

脱水量は、実験前に生の野菜の重量を計っておき、これをぬか床に漬けて、6、18、24時間後に取り出してその重量を測定し、実験前後の重量の差を脱水量とした。数値は実験前の重量を100%とし、脱水量を%で表示した。

表2 ぬか床に漬けた、きゅうり及びびなすの脱水量とその経時的变化(%)

	脱水量 (%)		
	6 時間後	18 時間後	24 時間後
きゅうり	12.5%	18.7%	20.2%
なす	13.6%	14.2%	15.4%

表2のとおり、きゅうりは6時間後に12.5%で、24時間後には20.2%と、時間の経過に伴って脱水量が増加した。一方、なすの脱水量は6時間後の値が13.6%、24時間後の値が15.4%とその差はきゅうりに比べて小さかった。

### 3. 3 ぬか床の違いによるきゅうり、なす中CaとFeの経時的变化

実験Iぬか床に漬けたきゅうり、なすのCa量の経時的变化を図1に、Fe量の経時的变化を図2に示す。

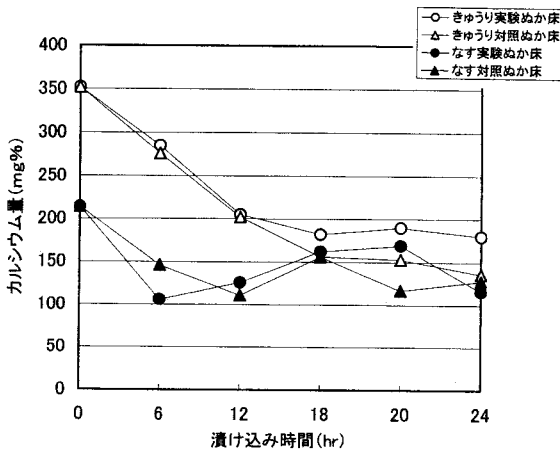


図1 ぬか床に漬けたきゅうり、なすのカルシウム量とその経時的变化 (I)

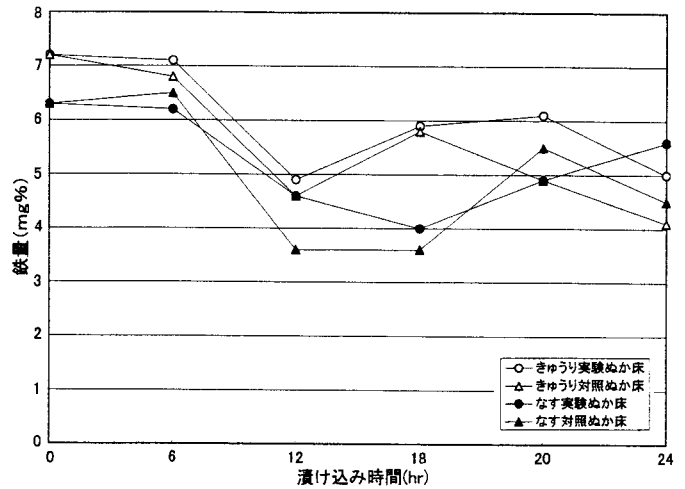


図2 ぬか床に漬けたきゅうり、なすの鉄量とその経時的变化 (I)

図1のとおり、きゅうり中のCa濃度は12時間後までは、実験ぬか床、対照ぬか床ともに著しく減少した。ぬか床の塩濃度が高いため、組織・細胞液中にイオンの形で存在しているCaが浸透圧の差によりぬか床の方へ溶出したものと考えられる。18時間後から24時間後のCa量の変化は異なり、対照ぬか床は穏やかに減少を続けたのに対し、実験ぬか床のCa量はほぼ一定の値であった。一方、なすの場合は、きゅうりほど著しい減少は見られず、減少後に増減が見られた。

図2に示すとおり、ぬか床に漬けたきゅうりとなすのFe量の変化は、12時間後に急激に減少し、その後の変化には増減がみられた。

実験IIぬか床ではCa量を実験Iのぬか床より増量させ、また乳酸などの発酵性有機酸の生産量を増すため、ぬか床の熟成に時間をかけることにした。また、ぬか床が生産した発酵性の有機酸と反応しやすいようにCa、Feともに粉末を使用した。ぬか床に漬ける時間は6、18、24時間の3点に絞った。その結果はCa量の時間経時变化を図3に、Fe量の経時变化を図4に示す。

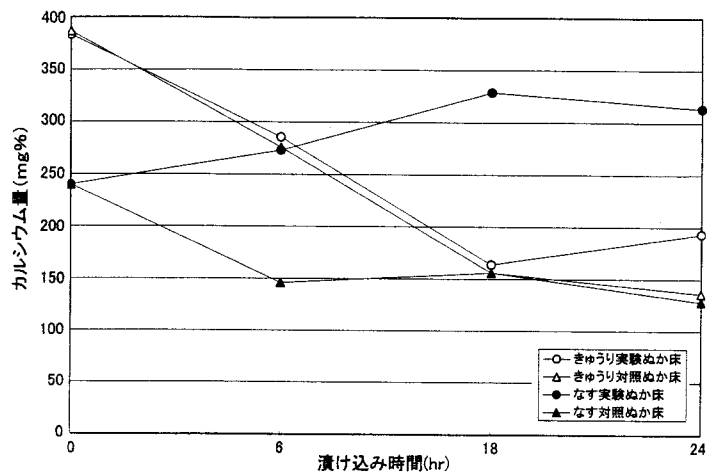


図3 ぬか床に漬けたきゅうり、なすのカルシウム量とその経時的变化 (II)

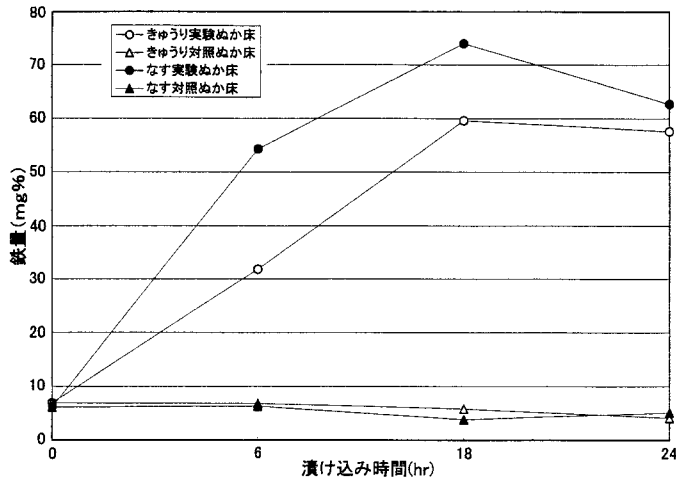


図4 ぬか床に漬けたきゅうり、なすの鉄量とその経時変化(Ⅱ)

図3に示すとおり、実験Ⅱぬか床に漬けたきゅうり中のCa量は実験Ⅰとほぼ同様に急激に減少した。実験開始18時間後までは、実験Ⅱぬか床と対照Ⅱぬか床は同じようにCa量は減少した。しかしながら、24時間後では、実験Ⅱぬか床のきゅうり中のCa量は、わずかではあるが増加傾向を示した。一方、なす中のCa量の時間変化は、きゅうりのそれとは対照的な変化を示し、6時間後に急激に増加し、18時間後までに生のなすの1.37倍に達した。

Fe量の時間変化は図4に示すとおり、きゅうり、なすともに漬込み6時間後から急激に増加し、18時間後にはそれぞれ生のきゅうりの8.6倍、生のなすの12.1倍に増加した。

これらの結果より、実験Ⅱのぬか床の条件では、Ca強化ぬか漬けを作るには不十分であるが、Fe強化ぬか漬けを作るには十分であることがわかった。

### 3.4 モデル実験

実験Ⅱぬか床でCa量が減少したきゅうりの場合、Ca濃度がどの程度であれば組織内に浸透できるか知るために、モデル実験を行った。

Ca濃度の違う食塩水(水1ℓに対して、塩化ナトリウム100g)を作った。Ca濃度は0.01%、0.5%、1.0%の3種類とした。Ca濃度の0.5%は、実験Ⅰで加えた5gの卵の殻がすべてCaCO<sub>3</sub>で、これが450mlの水に溶けて、すべてCa<sup>2+</sup>となったと仮定した場合の濃度に近い値である。また1.0%は同様に、実験Ⅱの15gの粉末状CaCO<sub>3</sub>がすべて450mlの水に溶け、イオン化したと仮定した場合の濃度に近い値である。食塩濃度は、宮尾<sup>9)</sup>、<sup>10)</sup>、支倉<sup>11)</sup>、小川<sup>12)</sup>がぬか床作成に当たって、米ぬか10kg、水10ℓに食塩800~1000gを加えて混和していることを参考にして、同じ濃度とした。

図5の結果から、Ca濃度の低い0.01%溶液では、Caはきゅうり内に浸透するより、食塩水の浸透圧できゅうり外に逸脱する量の方が多く、実験Ⅰと同じ傾向であっ

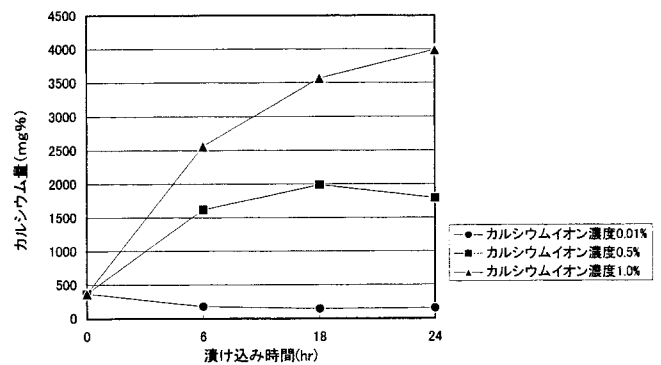


図5 きゅうり中へのカルシウムの浸透

た。一方、Ca濃度の0.5%、1.0%では、生のきゅうりと比較すると5~10倍のCaがきゅうり内に浸透していた。したがって、少なくともCa濃度0.5%程度であれば、Ca強化きゅうりぬか漬けを作るのに十分だと考えられた。

## 4. 考察

一般に、野菜に含まれるCaには、組織間や細胞壁のペクチン酸と結合し、植物組織を強化しているCaと、水に溶けてイオンとなり植物体内を移動するCaの2種あることが知られている<sup>13)</sup>。組織結合性Caは水に溶出しにくく、水溶性Caは水に溶出しやすい。飯盛<sup>14)</sup>、岩井ら<sup>15)</sup>は、野菜中の総Ca量及び水溶性Ca量を測定し、野菜の水溶性Caは、野菜の種類によって大きな違いがあり、また、水溶性Caが多いほど利用率が高いと報告している。一方、野菜中のFeは、微量しか含まれていないが、葉緑素を合成するのに不可欠な金属である。

漬物とCaの関係に関する研究では、三好<sup>16)</sup>、<sup>17)</sup>が、大根を塩漬けする際に、塩化カルシウムを加えると、低い食塩濃度(5~6%)でも組織の軟化を防ぎ、歯切れの良い漬物が得られるとし、Caの添加を奨励している。こうした、硬さ、歯切れ良さが向上するのは、Ca等の多価陽イオンがペクチンの分子内及び分子間架橋<sup>8)</sup>を作るためだと考えられている。このように、野菜の塩漬けを作る際に、漬液中にCaなどの多価イオンがあれば、野菜の中に浸透してペクチン酸などに結合し、分子間架橋を作り、植物体内に固定されるものと考えられる。

実験Ⅰについて、きゅうりとなすを比較すると、図1、図2に示すとおり、ぬか漬け中のCa及びFeは、きゅうりの減少率が大きく、なすの減少率が小さい。これはきゅうりではCaやFeなどの金属が植物体中にイオン状態で存在している割合が大きく、なすではきゅうりに比べて植物組織に結合している割合が大きいものと推測される。

CaとFeを比較すると、きゅうり、なす共にCaがFeより植物体外に失われやすい。すなわち、FeはCaより強く植物体に結合していると考えられる。

ぬか床のCaやFeはぬか床に加えるCa量が少ない場合や添加する際に用いる卵殻(CaCO<sub>3</sub>)やFeの形状が大き

いと試料中に浸透・固定されないことがわかった。これは、ぬか床で生産された乳酸などの酸類に溶けにくく、イオン化していなかったことなどが考えられる。CaCO<sub>3</sub>やFeの形状を小さくし添加したぬか床に漬けたなすにはCaやFeの浸透がみられた。これらのイオンは、なすの組織と結合し、固定されていると考えられる。これに対し、同じぬか床に漬けても、きゅうりでは植物体内にCaが固定されにくいため、ぬか漬け中のCa量が増加しないものと考えられる。このことからなすを漬けるぬか床は今回行った、実験Ⅱぬか床の条件で良好な結果を得た。しかしながら、きゅうりを漬けるには、この条件ではまだ不十分で、さらに、ぬか床にCaを増量する必要があると考えられた。

きゅうりの組織内にCaが浸透し、固定されるのに必要なCa濃度を定めるためのモデル実験を実施した。モデル実験においてはCa<sup>2+</sup>濃度0.5%、1.0%でCaはきゅうり組織内へのCaの浸透がみられた。したがって、ぬか床における実験で浸透しなかった原因として、CaCO<sub>3</sub>がぬか床で作られた有機酸と十分反応していないなどの理由から、Caがイオン化していなかったためだと推測される。

## 5. 結論

今回の実験結果から、CaとFeが強化されたぬか漬けをつくるためのぬか床の条件は次のとおりである。1kgの米ぬかに、水1ℓと、50gの食塩を加え、これにCaCO<sub>3</sub>15～30g、Fe10gを加えたぬか床であれば十分であると考えられる。食塩は高血圧予防の点から三好<sup>17)</sup>の5～6%添加説の低い方を採用した。CaCO<sub>3</sub>は卵殻えを用いることができるが多い方がよい。ただし、卵の殻や鉄くぎを使用した場合は、十分乳酸発酵が起こるまで時間を置く必要がある。

Ca及びFe強化ぬか漬けは、日本古来の伝統を守りながら、骨粗しょう症を予防し、女性の貧血を防ぐ無機栄養素を供給するだけでなく、減塩で、風味、香味、色彩に優れ、食物繊維に富んだ健康食品だといえる。

## 6. 図表の説明

図1. ぬか床に漬けたきゅうり，なすのカルシウム量とその経時的変化（Ⅰ）

実験ぬか床の内容：乾燥ぬか床1,500g，水道水450ml，鶏卵の殻を粒状にしたもの5g，鉄くぎ5本（45g）

対照ぬか床内容：鶏卵の殻と鉄くぎを入れずにその他の条件は実験ぬか床と同じとした。

どちらも熟成期間は25日間とした。

図2. ぬか床に漬けたきゅうり，なすの鉄量とその経時的変化（Ⅰ）

実験ぬか床の条件：乾燥ぬか床1,500g，水道水450

ml，鶏卵の殻を粒状にしたもの5g，鉄くぎ5本（45g）

対照ぬか床の条件：鶏卵の殻と鉄くぎを加えず，その他の条件は実験ぬか床と同様とした。

どちらも熟成期間は25日間とした。

図3. ぬか床に漬けたきゅうり，なすのカルシウム量とその経時的変化（Ⅱ）

実験ぬか床の条件：市販の乾燥ぬか床1500g，水道水450ml，炭酸カルシウム（粉末）15g，試薬特級鉄（粉末）15g

対照ぬか床の条件：炭酸カルシウムと鉄を加えず，その他の条件は実験ぬか床と同様とした

どちらも熟成期間は146日間とした

図4. ぬか床に漬けたきゅうり，なすの鉄量とその経時的変化（Ⅱ）

実験ぬか床の条件：市販の乾燥ぬか床1500g，水道水450ml，炭酸カルシウム（粉末）15g，試薬特級鉄（粉末）15g

対照ぬか床の条件：炭酸カルシウムと鉄を加えず，その他の条件は実験ぬか床と同様とした

どちらも熟成期間は146日間とした

図5. きゅうり中へのカルシウムの浸透

カルシウムイオン濃度の異なる3種の食塩水（水1ℓに対し、塩化ナトリウム100g）を作りきゅうりへのカルシウムの浸透とその経時的変化を測定した。カルシウムイオン濃度は0.01%、0.5%、1.0%の3種類とした。

表1. ぬか床のpH

実験開始前のぬか床のpHを測定した結果を示した

表2. ぬか床に漬けたきゅうり，なすの脱水量とその経時的変化（%）

実験Ⅰの条件下できゅうりとなすの脱水量を測定し，その経時的変化を表2に示した

## 7. 参考文献

- 1) 健康・栄養情報研究会編：国民栄養の現状（平成13年国民栄養調査結果）p.28～29（2000）第一出版
- 2) 白木正孝：骨疾患，臨床栄養，74，640～650（1989）
- 3) 吉田千冬：短期大学女子寮生の食生活調査とカルシウム摂取の現状，1998年度学位授与機構提出レポート
- 4) 合田敏尚，高瀬幸子，大石邦枝，蒔田和子：性・年齢別にみた牛乳飲用量と牛乳に対する嗜好，栄養学雑誌，51，p.235～241（1993）
- 5) 健康・栄養情報研究会編集：第六次改定「日本人の栄養所要量」，p.134～138（1999）第一出版
- 6) 渋谷理絵，根岸由紀子，水野清子，武藤静子：女子短大生の食生活の実態，栄養学雑誌，47，p.251～

258 (1989)

- 7) 仮屋蘭章, 飯盛和代, 草野幸子, 松岡麻男, 松本富子: 食品学実験ノート, p. 76~79 (1989) 建帛社
- 8) i b i d : p. 81~84
- 9) 宮尾茂雄: 漬物の微生物の進歩 (その1), 醸協誌, 82, 41~47 (1987)
- 10) 宮尾茂雄: 漬物の微生物の進歩 (その2), 醸協誌, 82, 110~115 (1987)
- 11) 支倉サツキ: 糠みそづけに関する研究, 家政誌, 28, 1~14 (1977)
- 12) 小川敏男: 漬物製造学, p. 161~165 (1988) 光林
- 13) 矢崎仁也: 無機養分の吸収と生理作用、土壌、植物栄養, 環境辞典 (松坂泰明, 栗原淳編) p. 206~213 (1994) 博友社
- 14) 飯盛キヨ: 食品中のカルシウムについて (第5報), ほうれん草, キャベツ, チシャの生及び調理食品中のカルシウム定量, 家政誌, 16, 259~262 (1965)
- 15) 岩井 巖, 佐藤生一, 鷺見裕子, 田口和子: 野菜中のカルシウムについて, 家政誌, 35, 364~367 (1984)
- 16) 三好英晃: 味噌漬における塩類添加が塩漬野菜のテクスチャーに及ぼす影響, 日食工誌, 29, 577~581 (1982)
- 17) 三好英晃: 味噌漬における塩漬野菜のテクスチャーの変化と軟化防止, 日食工誌, 29, 582~586 (1982)
- 18) 川端晶子, 澤山茂, 鎌田俊雄: カルシウムイオンによる低メトキシルペクチンの会合機構について, 農化誌, 53, 61~67 (1979)