報 文

塩蔵中の大根ペクチンに及ぼす Mg・Ca 塩の影響と
クリスピー性について

金子憲太郎*・黒坂光江*・前田安彦**

Effects of Mg and Ca Salts on Changes of Pectic Substance
during Salting of Radish Root and Its Crisp Palatability

Kentarō KANEKO*, Mitsue KUROSAKA* and Yasuhiko MAEDA**

* Laboratory of Food Science, Koriyama Women's Junior College,
Kaisei, Koriyama-shi, Fukushima-Ken 963** Department of Agricultural Chemistry, Utsunomiya University,
Mine-machi, Utsunomiya-shi, Tochigi-ken 320

The effects of $MgCl_2$ and $CaSO_4$ on the pectic substance during salting of radish root was studied. The results obtained were as follows: (1) The total amount of pectic substance in crude cell wall prepared from radish root was hardly changed during salting, though the ratio of hexametaphosphate soluble pectin (HXP) in the total pectin was markedly decreased and the ratio of hot water soluble pectin (HWP) in it was markedly increased. But $MgCl_2$ and $CaSO_4$ reduced the changes in the ratios of those pectin fractions. (2) The contents of Mg and Ca in the crude cell wall decreased during salting, while the addition of $MgCl_2$ and $CaSO_4$ reduced the decrease in this case. (3) The content of Mg or Ca in the HWP of the crude cell wall of radish root salted with sodium chloride containing $MgCl_2$ or $CaSO_4$ increased during salting, but the increment of the Ca content was less than that of Mg. (4) The crispness or hardness of radish root salted with sodium chloride containing $MgCl_2$ or $CaSO_4$ increased during salting. Consequently it was presumed that the leak of Mg and Ca from radish root during salting resulted in the decrease of the HXP and the increase of the HWP, and furthermore the increased content of Mg or Ca in the HWP of the crude cell wall by salting with the mixed salt containing $MgCl_2$ or $CaSO_4$ might reform much cross-linkages within the HWP molecules to be changed to the HXP which hardened radish root during salting.

(Received Apr. 12, 1982)

カルシウム塩やマグネシウム塩は漬物のクリスピー性を向上させることが知られているが¹⁾, その理由については、不明な点が多い。

しかし、ペクチン質は野菜のテクスチャーと密接な関連をもつことから²⁾, そのことはペクチン質がカルシウムやマグネシウムのような多価陽イオンにより何らかの影響をうけたことに大きく依存すると思われる。

前報³⁾で、大根は塩蔵により、カルシウムとマグネシ

ウムが溶出し、それに伴って、塩類結合型ペクチン⁴⁾であるヘキサメタリン酸可溶性ペクチンが急減し、熱水可溶性ペクチンが急増することを明らかにした。また、それらの変化は、塩蔵時に漬物工業で多用されている日本専売公社輸入塩のうちの粉砕塩（以下粉砕塩と略す）を使用すると起りにくくなることから、粉砕塩中のカルシウム塩やマグネシウム塩は、ペクチン質の性状に可成の影響を及ぼし、そのことがクリスピー性を左右する一因に

* 郡山女子大学短期大学部食品化学研究室 (〒 963 福島県郡山市開成 3-25-2)

** 宇都宮大学農学部農芸化学科 (〒 320 栃木県宇都宮市峰町 350)

なることを推察した。

従って、本報では大根の塩蔵中におけるペクチン質と、マグネシウム塩・カルシウム塩との関係について検討した結果、ペクチン質の性状は、これらの塩類に左右され、そのこととクリスプ性との間には密接な関連のあることをみいだしたので報告する。

実験方法

1. 供試大根

神奈川県三浦市から出荷された重さ：1.0～1.4 kg、長さ：28～33 cm、太さ：6.5～7.3 cm の練馬群理想大根を供試した。

2. 塩蔵方法

塩蔵中のマグネシウム塩とカルシウム塩の影響をみるために、塩蔵には、試薬特級の塩化ナトリウムを用いた。マグネシウム塩とカルシウム塩には、漬物に多用される粉碎塩中のそれらが塩化マグネシウムと硫酸カルシウムであることから、試薬特級の塩化マグネシウム ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) と硫酸カルシウム ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) を用いた。なお、塩化マグネシウムには潮解性があるため、硫酸デシケーターで乾燥したものをを用いた。

塩蔵には塩化ナトリウムの均一な浸透と部位による分析値の差を少なくするために皮を除去した大根の上部約10 cm (最大直径 6.5～7.3 cm)、3 kg を 3 l の塩化ナトリウム溶液で液漬とし、重石は大根重量の 60% とした (以下、塩化ナトリウム区と略す)。塩化マグネシウムは、塩化マグネシウムをマグネシウムの含量として塩化ナトリウムの 0.2% 及び 0.5% (以下、0.2% マグネシウム区、0.5% マグネシウム区と略す)、同様に硫酸カルシウムは、硫酸カルシウムがカルシウムの含量として、塩化ナトリウムの 0.2% 及び 0.5% (以下、0.2% カルシウム区、0.5% カルシウム区と略す) になるように添加し、いずれも塩化ナトリウム区と同様に大根を液漬した。なお多量の大根を塩蔵する場合、塩蔵初期は低食塩濃度であるため、最初の3日間は、大根の食塩が5%程度になるようにするために、10% 塩化ナトリウム溶液に漬け込み、その後、大根 (2.8 kg) の食塩を10%程度にするために、大根と同量の15% 塩化ナトリウム溶液に漬けた。塩蔵は、11月上旬から12月上旬にかけ、約1ヶ月間、室温 ($-5^{\circ}C \sim 10^{\circ}C$) で行なった。

3. 熱水可溶性・ヘキサメタリン酸可溶性及び塩酸可溶性の各ペクチン画分の定量

前報³⁾に準じた。

4. 粗細胞壁の調製

前報³⁾に準じた。

5. 粗細胞壁のカルシウムとマグネシウムの定量

前報³⁾に従い、日立 207 型原子吸光分光光度計で測定した。

6. 熱水可溶性ペクチンのカルシウムとマグネシウムの定量

粗細胞壁 (1～2 g) から 500 ml のイオン交換蒸留水で煮沸抽出 (1 h) される画分を透析チューブ (ビスキング社製、シームレス・セルローズ・チュービング) で透析 (24 hs)・減圧濃縮 ($40^{\circ}C$ 以下) 後に 80% エチルアルコール濃度としたときに生成する沈澱物を $550 \sim 600^{\circ}C$ で灰化したものを分析試料とし、前報³⁾に従い、日立 207 型原子吸光分光光度計で測定した。

7. クリスプ性の評価

前報³⁾に従ってテクスチュロメーター (全研製, GTX-2) で測定した“硬さ”により評価した。なお、測定値は10検体の平均値であらわした。

実験結果及び考察

1. 熱水可溶性・ヘキサメタリン酸可溶性及び塩酸可溶性ペクチンの変化

塩化ナトリウム区の大根粗細胞壁のペクチン総量にたいする熱水可溶性・ヘキサメタリン酸可溶性・塩酸可溶性ペクチンの割合を Fig. 1, 0.2% マグネシウム区のそれを Fig. 2, 0.5% マグネシウム区のそれを Fig. 3, 0.2% カルシウム区のそれを Fig. 4, 0.5% カルシウム区のそれを Fig. 5 に示した。

Fig. 1 Changes of the composition of pectic substances in the crude cell wall preparation from radish root during salting with sodium chloride

●—●: Total pectin. □: Hot water soluble pectin. ■: 0.4% hexametaphosphate soluble pectin. ▨: 0.05 N-HCl soluble pectin.

Fig. 2 Changes of the composition of pectic substances soluble in hot water, 0.4% hexametaphosphate and 0.05 N-HCl, respectively, in the crude cell wall preparation from radish root during salting with sodium chloride containing 0.2% Mg

Symbols were same as those in Fig. 1.

Fig. 4 Changes of the composition of pectic substances soluble in hot water, 0.4% hexametaphosphate and 0.05 N-HCl, respectively, in the crude cell wall preparation from radish root during salting with sodium chloride containing 0.2% Ca

Symbols were same as those in Fig. 1.

Fig. 3 Changes of the composition of pectic substances soluble in hot water, 0.4% hexametaphosphate and 0.05 N-HCl, respectively, in the crude cell wall preparation from radish root during salting with sodium chloride containing 0.5% Mg

Symbols were same as those in Fig. 1.

Fig. 5 Changes of the composition of pectic substances soluble in hot water, 0.4% hexametaphosphate and 0.05 N-HCl, respectively, in the crude cell wall preparation from radish root during salting with sodium chloride containing 0.5% Ca

Symbols were same as those in Fig. 1.

いずれの区の大根も塩蔵によって、ペクチンの総量はほとんど変化しなかったが、塩蔵17日頃までの間にヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの顕著な減少と、熱水可溶性ペクチンの顕著な増加が起り、それ以後はほとんど変動しなかった。また、塩酸可溶性ペクチンは塩蔵期間中、ほとんど変動しないように思えた。この現象は、塩化ナトリウム区の大根が最も顕著であり、0.5% カルシウム区のもののが最も少なかった。

すなわち、ペクチン総量にたいする熱水可溶性、ヘキサメタリン酸可溶性、塩酸可溶性ペクチンの割合は、

10:63:27であったが、塩蔵31日目におけるそれらの割合は、塩化ナトリウム区=71:9:20, 0.2% マグネシウム区=65:15:20, 0.5% マグネシウム区=55:26:19, 0.2% カルシウム区=55:25:20, 0.5% カルシウム区=42:37:21であり、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの割合は、0.5% カルシウム区>0.2% カルシウム区≒0.5% マグネシウム区, 0.2% マグネシウム区>塩化ナトリウム区の順に高かった。

以上の結果、大根の粗細胞壁ペクチン総量は、塩蔵によって変化しないが、ペクチン総量にたいするヘキサメ

タリン酸可溶性ペクチンの割合の減少と熱水可溶性ペクチンの割合の増加が顕著に起った。しかし、マグネシウム塩やカルシウム塩にはそのことの阻止作用があり、カルシウム塩にその作用の強いことが明らかになった。

従って、粉碎塩で塩蔵した大根の粗細胞壁ペクチンが精製塩で塩蔵したものよりヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの割合の高いことは⁹⁾、粉碎塩中の塩化マグネシウムと硫酸カルシウムの作用によるものであり、特に硫酸カルシウムに依存するところの大きいことが明らかになった。

2. マグネシウム及びカルシウム含量の変化

(1) 粗細胞壁中での変化について

前報⁹⁾で、大根の塩蔵中に起る、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの減少は粗細胞壁のマグネシウムとカルシウムの溶出に依存することを推察した。従って、塩化マグネシウムないし硫酸カルシウムを添加した塩化ナトリウムで塩蔵した大根にヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの多いこと (Fig. 1~Fig. 5) は、これらの塩類が塩蔵中、大根にとりこまれ、粗細胞壁から溶出するマグネシウムとカルシウムを補った結果であると考えられる。そこで、塩蔵中における粗細胞壁のマグネシウムとカルシウム含量の変化について検討した。

Fig. 6 にマグネシウム含量の変化を示した。大根粗細胞壁のマグネシウムは約 185 mg% であったが、塩化ナトリウム区と 0.2%, 0.5% カルシウム区のそれは塩蔵によって明らかに減少した。しかし、それは塩蔵 10

日目頃までに取り、それ以後はほぼ一定であった。塩蔵 31 日目におけるこれらの区のマグネシウム含量は、ほとんど同量であり、大根粗細胞壁の含量の 25% 程度に減少していた。

0.2% 及び 0.5% マグネシウム区のものマグネシウム含量は、塩蔵 10 日目頃まで若干減少する傾向にあったが、それ以後は、増加する傾向にあった。すなわち、塩蔵 10 日目のマグネシウムは大根粗細胞壁の含量にたいして、0.2% マグネシウム区のが約 48%, 0.5% マグネシウム区のが約 90% であったが、塩蔵 31 日目にはそれぞれ約 1.1 倍、約 2.0 倍に増加していた。

Fig. 7 に粗細胞壁のカルシウム含量の変化を示した。塩化ナトリウム区と 0.2%, 0.5% マグネシウム区のそれは、塩化ナトリウム区及び 0.2%, 0.5% カルシウム区におけるマグネシウムの場合とほとんど同様な傾向にあった。すなわち、大根粗細胞壁のカルシウムは約 560 mg% であったが塩蔵 10 日目頃までに減少し、それ以後はほとんど変化がなく、塩蔵 31 日目の含量は、大根粗細胞壁のその 43~49% であった。

また、0.2% カルシウム区のカルシウムは塩蔵 3 日目に減少し、それ以後はほぼ一定であるように思えた。しかし、0.5% カルシウム区のそれは塩蔵 3 日目に増加後、17 日目までは減少し、それ以後はほぼ一定であった。

塩蔵 31 日目のカルシウム含量は、0.2% カルシウム区のが大根粗細胞壁のその約 82%, 0.5% カルシウム区のは、大根粗細胞壁のそれとほぼ同量であっ

Fig. 6 Changes in content of Mg in crude cell wall from radish root during salting

F: Fresh radish root. A: Salted with sodium chloride. B: Salted with sodium chloride containing 0.2% Mg. C: Salted with sodium chloride containing 0.5% Mg. D: Salted with sodium chloride containing 0.2% Ca. E: Salted with sodium chloride containing 0.5% Ca.

Fig. 7 Changes in content of Ca in crude cell wall from radish root during salting
 Symbols were same as those in Fig. 6.

た。なお、0.5% カルシウム区におけるカルシウム含量の増減は、0.2% カルシウム区においてもごく僅かではあるが似たような現象が起るように思えることから、このことは3日目以後大根の食塩濃度が10%になるような塩化ナトリウム溶液に漬けたことに依存する食塩の浸透圧の変化及び粗細胞壁成分とカルシウムの結合力に依存すると思われる。以上の結果、塩化マグネシウムと硫酸カルシウムは大根によりこまれ、塩蔵中に起る粗細胞壁のマグネシウムとカルシウムの溶出を補うことが明らかになった。従って、これらの塩類を添加した塩化ナトリウムで塩蔵した大根にヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの多い (Fig. 1~Fig. 5) ことは、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンが、カルシウムやマグネシウムなどと結合した塩類結合型のペクチン⁴⁾であることから、これらの塩類が塩蔵中に起る大根粗細胞壁のマグネシウムの溶出を補った結果であるといえる。なお、マグネシウム添加区におけるマグネシウムは塩蔵10日目以後に増加するがカルシウム添加区におけるカルシウムがほとんど変動を示さないことはマグネシウム区・カルシウム区におけるそれらの多価陽イオンの添加量が同じであることから、これらの多価陽イオンと粗細胞壁成分の結合しやすさに一因があると思われる。

(2) 熱水可溶性ペクチン中での変化について

塩化マグネシウムないし硫酸カルシウムを添加した塩化ナトリウムで塩蔵した大根の粗細胞壁にヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの多いことは、これらの塩類が塩蔵中、粗細胞壁にとりこまれることから、それら塩類のイオンが熱水可溶性ペクチンと結合してヘキサメタリン酸

Fig. 8 Changes in content of Mg in hot water soluble pectin from crude cell wall of radish root during salting
 Symbols were same as those in Fig. 6.

可溶性ペクチンを再生すると思われる。従って、熱水可溶性ペクチン中のマグネシウムとカルシウムの含量を分析して検討した。

Fig. 8 にマグネシウム含量の変化を示した。塩化ナトリウム区と0.2%、0.5% カルシウム区の含量は塩蔵期間を通して大幅な変化をしなかった。すなわち、大根粗細胞壁の熱水可溶性ペクチン中のマグネシウムは約35 mg%であり、塩蔵後31日には塩化ナトリウム区が約89 mg%、0.2% カルシウム区が約54 mg%、0.5% カルシウム区が約41 mg%であった。

しかし、0.2%及び0.5% マグネシウム区のそれは顕著に増加しており、塩蔵10日目は0.2% マグネシウム区が約127 mg%、0.5% マグネシウム区が約231 mg%、塩蔵31日目にはそれぞれ約195 mg%、約305 mg%

Fig. 9 Changes in content of Ca in hot water soluble pectin from crude cell wall of radish root during salting

Symbols were same as those in Fig. 6.

%であり、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの多い0.5%マグネシウム区にその量が最も多かった。従って、これらのことからマグネシウムは熱水可溶性ペクチンと結合することが明らかになった。

このことは、マグネシウムイオンと熱水可溶性ペクチンが結合した結果、その分子間架橋が進み、ペクチン分子の増大とそれに伴う熱水可溶性ペクチンの不溶化、すなわち、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンへの移行が起ると考えられる。

Fig. 9にカルシウム含量の変化を示した。マグネシウムの場合とことになっており、カルシウムは20~70 mg %の範囲にあり、0.2%及び0.5%カルシウム区におけるカルシウムの増加は顕著でなかった。

0.2%及び0.5%カルシウム区のカルシウムの増減が僅かであることは、マグネシウムが0.2%及び0.5%マグネシウム区で顕著に増加していることとくらべて大きなちがいであった。しかし、このことはカルシウムが熱水可溶性ペクチンと結合しないことではなく、カルシウムイオンもマグネシウムイオンと同様にペクチン分子と架橋結合⁹⁾をすること、0.2%及び0.5%カルシウム区における粗細胞壁のカルシウム含量が他の区より多い(Fig. 7)こと及びペクチンにたいするヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの割合は、0.5%カルシウム区>0.2%カルシウム区≒0.5%マグネシウム区>0.2%マグネシウム区の順(Fig. 1~Fig. 5)であることから考えると、カルシウムと結合した熱水可溶性ペクチンはマグネシウムと結合したものよりも熱水に不溶化し、その結果ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンに移行する量が多くなったと考えることができる。従って、カルシウム塩はマグネシウム塩よりも、熱水可溶性ペクチンをヘキサメタリン

酸可溶性ペクチンに移行させやすく、そのために、カルシウム塩を添加した塩化ナトリウムで塩蔵した大根は、マグネシウム塩を添加したものよりもヘキサメタリン酸可溶性ペクチンが多い(Fig. 2~Fig. 5)と考えられる。

3. クリスピー性について

ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの割合に顕著な特徴のみられた塩化ナトリウム区、0.5%マグネシウム区、0.5%カルシウム区の塩蔵中におけるクリスピー性の変化をテクスチュロメーターによる“硬さ”で検討した結果を、Fig. 10に示した。なお、塩蔵初期は塩化ナトリウムの浸透が不充分であり、そのために“硬さ”の測定値に個体差が大きくなると考えたので、その測定は塩蔵10日以後に開始した。

塩蔵10日目の大根の“硬さ”は、塩化ナトリウム区のもの約16 kg/Vで最も硬く、0.5%カルシウム区と0.5%マグネシウム区のものほぼ同程度の約14 kg/Vであった。

塩化ナトリウム区の大根の“硬さ”は塩蔵中にほとんど変化しなかったけれど、0.5%マグネシウム区と0.5%カルシウム区の大根の“硬さ”は、塩蔵中に漸次増加してゆき、塩蔵31日目には0.5%カルシウム区(約19 kg/V)>0.5%マグネシウム区(約17 kg/V)>塩化ナトリウム区(約16 kg/V)の順で硬かった。

0.5%マグネシウムと0.5%カルシウム区の大根の“硬さ”が漸次増加することは、0.5%マグネシウム区の粗細胞壁マグネシウムが塩蔵7日以後漸次増加し(Fig. 6)、同様に0.5%カルシウム区のカルシウムは塩蔵24日以後ほぼ一定になる(Fig. 7)ことや、ペクチ

Fig. 10 Changes in the hardness of radish root during salting

*: Texturometer unit. □: Salted with sodium chloride ■: Salted with sodium chloride containing 0.5% Mg ▨: Salted with sodium chloride containing 0.5% Ca

ンにたいする熱水可溶性・ヘキサメタリン酸可溶性及び塩酸可溶性ペクチンの割合が塩蔵 17 日目以後ほぼ一定になる (Fig. 3, Fig. 5) ことなどから考えて、マグネシウムやカルシウムによるペクチン分子の架橋結合に依存するペクチンの分子量増大や分子のひろがりの縮小が次第に進行⁹⁾することによって、ペクチン質の網状構造が緻密化してゆき、その結果、“硬さ”の増加が起るものと思われる。

また、0.5% カルシウム区の大根が 0.5% マグネシウム区のものより、“硬い”ことは、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの量が前者に多い (Fig. 3, Fig. 5) ことから考えて、カルシウム塩はマグネシウム塩よりもペクチンに分子量の増大や分子のひろがりの縮小を起しやすと思われる。

以上の結果から、漬物のクリスプ性がマグネシウム塩やカルシウム塩により向上する現象¹¹⁾は、これらの塩類が漬物に浸透した結果、それらの多価陽イオン金属とペクチン質が結合し、分子量の増大や分子のひろがりの縮小に依存するペクチン質の網状構造の緻密化が生ずるために起ると考えられる。

要 約

漬物のクリスプ性はマグネシウム塩やカルシウム塩により向上することが現象的に明らかになっている。しかし、その理由については不明な点が多い。

前報⁹⁾の結果から、そのことは、それらの塩類とペクチン質の関係に依存するところが大きいと推察された。従って、本報では大根の塩蔵中におけるペクチン質とマグネシウム塩・カルシウム塩の関係について検討し、併せてクリスプ性との関連性について考察した。

(1) 大根の粗細胞壁ペクチンにたいする熱水可溶性、ヘキサメタリン酸可溶性、塩酸可溶性ペクチンの割合は、10:63:27 であったが塩蔵によってヘキサメタリン酸可溶性ペクチンから熱水可溶性ペクチンへの移行が顕著に起り、塩蔵 31 日目の割合は 71:9:20 であった。けれども、ペクチン総量はほとんど変化していなかった。

しかし、塩化マグネシウムと硫酸カルシウムは、この変化を阻止し、後者にその作用が強かった。

(2) 大根粗細胞壁のマグネシウムとカルシウムは、それぞれ約 185 mg%, 約 560 mg% であったが、塩蔵 31 日目にはマグネシウムが約 25%, カルシウムが約 45%

に減少し、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンも少なかった。しかし、塩化マグネシウムないし硫酸カルシウムを添加した塩化ナトリウムで塩蔵したものは、それぞれマグネシウム、カルシウムが顕著に多く、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチン也多かった。従って、塩蔵によるヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの減少は大根からマグネシウムやカルシウムのような多価陽イオンの溶出に起因すると考えた。

(3) 塩化マグネシウムを添加した塩化ナトリウムで塩蔵した大根の粗細胞壁から抽出した熱水可溶性ペクチンのマグネシウムと硫酸カルシウムを添加して塩蔵したそのカルシウムは塩蔵によって生成した熱水可溶性ペクチンと結合し、分子量の増大などを引き起した結果、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンを再生すると思えた。また、ヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの再生力はマグネシウムよりカルシウムが強く、その結果、硫酸カルシウムを添加した塩化ナトリウムで塩蔵した大根は、塩化マグネシウムを添加して塩蔵したものよりもヘキサメタリン酸可溶性ペクチンが多いと思えた。

(4) 塩蔵中におけるクリスプ性の変化をテクスチュロメーターによる“硬さ”で検討したところ、硫酸カルシウム、塩化マグネシウムともに“硬さ”を増加させたが、前者にその作用が強かった。このことは、硫酸カルシウムを添加した塩化ナトリウムで塩蔵した大根は塩化マグネシウムを添加して塩蔵したものよりもヘキサメタリン酸可溶性ペクチンの多いことから、カルシウムは、マグネシウムよりもペクチンに架橋結合の増加による網状構造の緻密化を起しやすく、それ結果、マグネシウムよりも“硬さ”の増加にたいして効果があると思えた。

文 献

- 1) 食品研究社編: 実際の漬物加工法 (食品研究社), p. 155 (1966).
- 2) 永沢 信: 総合多糖類科学下 (原田篤也・三崎旭編), p. 501, 講談社 (1974).
- 3) 金子憲太郎・黒坂光江・前田安彦: 日食工誌, **29**, 611 (1982).
- 4) 川端晶子・澤山 茂: 栄養学雑誌, **31**, 32 (1973).
- 5) 川端晶子・澤山 茂: 栄養と食糧, **28**, 17 (1975).
- 6) 川端晶子・澤山 茂・鎌田俊雄: 農化, **53**, 61 (1979).
- 7) 芥田三郎: 食の科学, **32**, 43 (1976).

(昭和 57 年 4 月 12 日受理)