

# 地域特産素材を利用した加工食品の品質改善及び保存技術の開発

## — 高圧処理による食品の物性変化及びその機構 —

乙黒 親男・小竹佐知子\*<sup>1</sup>・樋川 芳仁

### — Changes in the Properties and its Mechanism of Foods by High Pressurizing Process —

Chikao OTOGURO, Sachiko ODAKE and Yoshihito HIKAWA

#### 要 約

ウメを食塩水中で直接高圧処理した時の物性変化及びその機構について検討を行い、次の結果を得た。

- (1) 高圧処理したものは初期の食塩の浸透が早かったが、Caを添加したものは常圧より遅かった。
  - (2) AIS結合Ca含量は果皮及び果肉部とも高圧処理後4 hrでほぼ一定となり、その後の変化は少なかった。またCa添加区は無添加区に比較し、果皮及び果肉部ともその含量が高いが、両者の濃度差（果皮>果肉）は顕著であった。一方、無添加区では両者の差異は少なかった。
  - (3) 加圧時にCa添加量が多いものほどペクチン組成でWSPの増加が少なく、果皮部のSSPが多かった。その傾向はウメの熟度が未熟の段階で顕著であった。また硬度もウメが未熟でCa添加量が多いものほど保持された。
  - (4) 組織構造を観察した結果、Ca添加の有無に関わらず高圧処理により細胞の変形が認められた。
- 以上の結果から、高圧処理により果皮部のAIS成分とCaが短時間に結合し、硬度を保持しているものと考えられた。

#### 1. 緒 言

食品加工に高圧処理が利用され、日本酒<sup>1)</sup>、果汁<sup>2)3)</sup>などの液状の食品を中心に活発な研究が行われている。しかし、それらの研究は高圧処理による殺菌効果に関する研究が中心であり、食品の嗜好を左右する組織構造をもつ食品についての報告<sup>4)5)</sup>は少ない。さらに産業的な見地では加熱に代わる加工法としてジャム<sup>6)</sup>やジュース<sup>7)</sup>に適用され販売されている。そこで、本報では梅漬けの品質を左右する物性変化に着目し、ウメを食塩水中で高圧処理した時の食塩及びCaの浸透度が物性変化及びその機構に与える影響について検討した。

#### 2. 実験方法

##### 2-1 供試試料

ウメ果実は山梨県八代町産の‘甲州小梅’（5月18日～6月5日）および‘白加賀’（6月3日～6月22日）を用いた。150 gのウメと100 gの10%食塩水を旭化成製キューバック（150×200mm、厚さ0.05mm）に入れた。その際、乳酸カルシウムをウメ重量の0.80%、1.58または3.18%添加し、それぞれ低Ca区、Ca区、高Ca区とし、無添加のウメを無添加区とした。

##### 2-2 高圧処理および処理後の放置

上記の試料は卓上型自動真空包装機（東静電気）で真空包装後、三菱重工業製高圧試験機MFP-7000により高圧処理を行った。加圧条件は圧力：50～700MPa、圧力保持時間：0～60min、温度：5～50℃とした。処理後の試料は20℃の恒温室に4 d放置し、以下の成分を経時的に測定した。

##### 2-3 測定項目および分析方法

各試料の成分は果皮（0.5～1.0mm）と果肉部に分け、食塩と滴定酸度は常法により測定した。

##### 2-3-1 果実硬度の測定

硬度は不動工業製レオメーター-NRM-2003J型で測定した。測定は果実縫合線に平行に2分割（厚さ3～4mm）した果皮付き果肉に対して直径1mmの円柱プランジャー（クリアランス0.5mm）を用い、プランジャー侵入時の最大応力値（g/φ）の平均値（20検体）で表した。

##### 2-3-2 ペクチン質の分画および定量

試料20～50 gよりアルコール不溶性固形分（AIS）を調製し、このAIS0.5 gを用いて、ペクチンを水溶性（WSP）、0.4%ヘキサメタリン酸可溶性（PSP）、0.05N塩酸可溶性（HSP）および0.05N水酸化ナトリウム可溶性（SSP）の各画分に分画した。ペクチンの定量は各抽出画分をカルバゾール硫酸法で測定し、無水ガラクトロン酸として表し

\* 1 山梨県立女子短期大学 生活科学科

た。

2-3-3 AIS結合Caの測定

AISをマッフル炉(550℃)で乾式灰化後、0.5N塩酸を加え加温溶解後、セイコー電子工業製SAS760型原子吸光度計で測定した。Ca定量の場合は共存元素の干渉抑制のため試料溶液に1%濃度になるように10%塩化ランタンを添加した。

2-3-4 果実組織構造の観察

グルタルアルデヒドおよびオスミウム酸により固定した試料に(株)エイコー・エンジニアリング製1B-3型イオンスパッタで金をコーティングした後、(株)日立製S-430型走査型電子顕微鏡で観察した。

3. 実験結果および考察

3-1 加圧条件の決定

試料に50~700MPaの圧力を10minかけた場合のウメへの食塩の浸透とそれからの酸の溶出度合の変化をFig. 1に示した。ウメへの食塩の浸透は圧力が大きくなるに従わずかに早く、200~300MPaでほぼ平行となり、500MPa以降は遅くなる傾向を示した。一方ウメからの酸の溶出は食塩の浸透が早いものほど溶出が早い傾向を示した。次に図には示さなかったが、300MPaの圧力をかけた時の圧力時間(0~60min)あるいは圧力温度(5~50℃, 10min)の影響を検討した結果、食塩および酸含量の変化にほとんど差異が認められなかった。したがって、以後の実験の圧力条件は300MPa, 25℃, 10minとした。

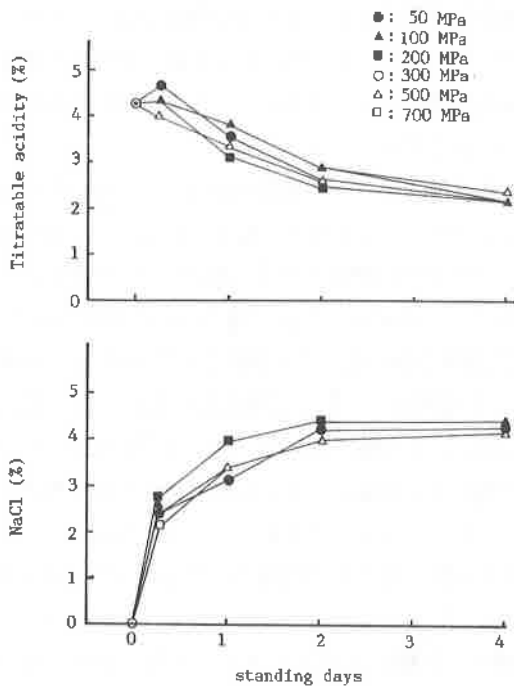


Fig.1 Changes in NaCl and TA contents of mume fruits by pressurizing (Samples were pressurized for 10min.)

3-2 食塩濃度およびCa添加の影響

食塩水濃度の違いによる加圧試料への食塩の浸透と酸の溶出を検討した結果、食塩濃度が低いものほどウメの食塩濃度は早く平衡となり、その酸の溶出も早い傾向にあった (Fig. 2)。一般に酸の溶出はウメと食塩水の濃度差による浸透圧に起因していることから、食塩濃度が早く平衡に達するものほど酸の溶出が早いと考えられる。一方、食塩水かわりに蒸留水を用いた場合にウメの酸の溶出が最も早い変化を示したことから、加圧処理によってウメの組織が何らかの影響を受け、原形質分離を起こし漬物様の状態に変化したものと考えられる。このことについて山本ら<sup>6)</sup>は0.5%食塩水にダイコンを浸漬し、400MPa, 10minの高圧処理で細胞膜の機能性がほとんど消失することを報告しており、今回の実験結果も同様の現象と考えられる。

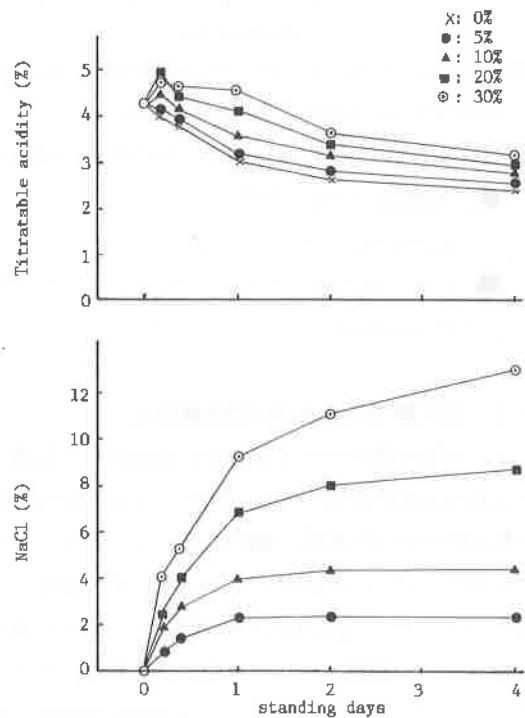


Fig.2 Effect of NaCl conc. on NaCl and TA contents of mume fruits (Samples were pressurized at 300 MPa for 10min.)

次に食塩水にCa塩を加えた時の加圧試料への影響について検討した (Fig.3)。その結果、Ca添加により果皮および果肉部分への食塩の浸透と酸の溶出が著しく遅くなることが認められた。このことから高圧処理でウメの細胞膜の機能性の低下が起こっているにもかかわらず、Ca添加によって食塩の浸透と酸の溶出が抑制される状態変化が細胞組織内で起こっていることが推測される。

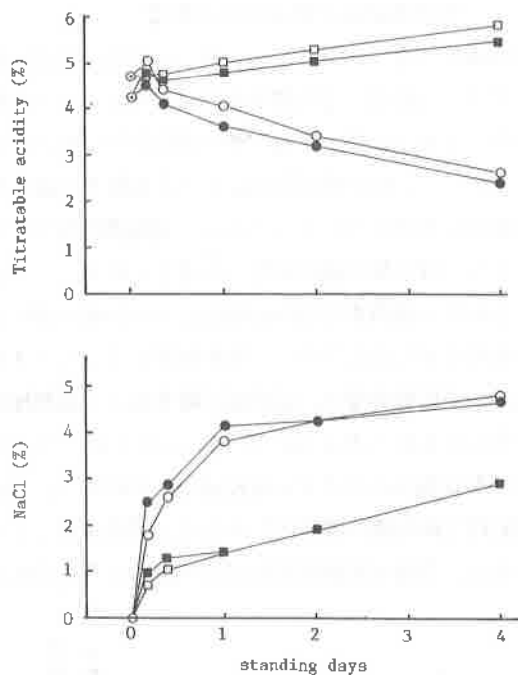


Fig.3 Effects of Ca lactate concentrations on NaCl and TA contents of mume fruits  
(Samples were pressurized at 300 MPa for 10min.)  
●: Pericarp(NaCl 10%)  
○: Sarcocarp( " )  
■: Pericarp(NaCl 10% + Ca lactate 1.59%)  
□: Sarcocarp( " )

### 3-3 高圧処理によるウメの組織変化

Fig. 4 に収穫直後のウメと常圧および高圧下で塩蔵したウメの表層部断面組織の観察結果を示した。収穫直後のウメは楕円形で堅固な形状の細胞 (A) が、常圧下で食塩だけで塩蔵したウメは細胞壁がやや薄く、やや扁平に変形した細胞 (B) が、Ca添加区は収穫直後のウメに近い形状の細胞 (C) が観察された。一方、高圧処理しウメの細胞 (D, E) はCa添加の有無にかかわらず細胞壁が剥離状態を示した。このことは上述の高圧処理したウメの細胞膜の機能性の低下に影響しているものと考えられるが、膜が非常に薄く、細胞壁と密着しているため区別できず、加圧処理による変化は明らかにできなかった。

### 3-4 高圧処理によるウメの物性とそれに関連する成分の変化

高圧によって生じたウメの食感を評価するためレオメーターによる最大応力値を測定し、その値を収穫時のウメのそれと比較し物性変化の指標とした (Fig. 5)。処理試料は食塩あるいは酸の変化から判断し、高圧処理放置後 4 d のものを測定した。その結果、高圧処理により無添加区のウメは軟化を起したが、Ca添加区分ではその添加量が多く、さらにウメの収穫時期が早いものほど硬度が保持で

きた。これら果実硬度は細胞壁成分であるペクチン質の量的あるいは質的变化によることが知られている。質的变化としてはペクチンのカルボキシル基間でCaなどの2価の金属イオンが架橋結合を起し網目構造を形成し、果実組織を硬く保持することが分かっている。そこで高圧処理によるウメの粗細胞壁 (AIS) 結合Caの経時変化について果皮および果肉部分に分けて測定した (Fig. 6)。その結果、高圧処理による結合Caの変化は無添加区ではほとんど認められなかったが、Ca添加区は処理後 4~8 hrの短時間で果皮および果肉部のAISと結合し、ほぼ平衡となった。これを常圧下での結果<sup>9)</sup>と比較すると果皮部分では塩蔵開始後 6~9 d、果肉部分では 9 d 前後に平衡となっていることから、高圧処理により短時間に両者間で結合が起っていることが認められた。特にCa添加区の果皮部分での増加が著しく、果皮および果肉部の両者間に 4~6.4倍の含量差が認められた。一方、無添加区の両者間の含量差は 1.9~4.0倍程度で、両者のAIS含量差が 2.2~2.6倍の差異であることから考え、高圧処理では果皮部分での結合が大きいことが明らかとなった。

そこで 6月 8日収穫のウメにCa添加量を変え、高圧処理を行った後放置し、それらの果皮および果肉部分のペクチン組成の経時変化を Fig. 7, 8 に示した。果皮部分ではCa添加量の増加に伴いWSPの増加抑制およびSSPの増加が認められ、この傾向は放置日数の増加に従い強くなった。一方PSPは試料すべてで増加が認められた。次に果肉部分ではCa添加量の増加に伴いWSPの増加抑制が認められたが、果皮部分に比較してその増加割合が高く、PSPとSSPの割合は低い傾向にあった。PSPが低い要因としてはこれが塩類結合型ペクチンであることからAIS結合Caが少ないことが理由と考えられた。

次に各収穫時期のウメを高圧処理し、4 dの果皮および果肉部分のペクチン組成を比較した結果で、収穫時期が遅いものほどWSPの増加が著しく軟化への影響が認められた (Fig. 9)。特に 6月 22日収穫のウメは果皮部分でのWSPの増加が大きかった。その理由としては前述のAIS結合Caの低下が要因の一つとして考えられるが、他の要因として Fig. 10 に示した様に果実の成熟に伴う果皮部分での酸含量の増加とその組成でのクエン酸の比率の増加が考えられる。すなわち、クエン酸含量の増加はそれのキレート作用でペクチン質と結合し組織構造を維持しているCaの離脱を引き起こしているものと考えられる。そのためAIS結合Caの減少で塩類結合型ペクチンであるPSPから水可溶性のWSPへの移行<sup>9)10)</sup>により軟化が引き起こされたものと推察される。

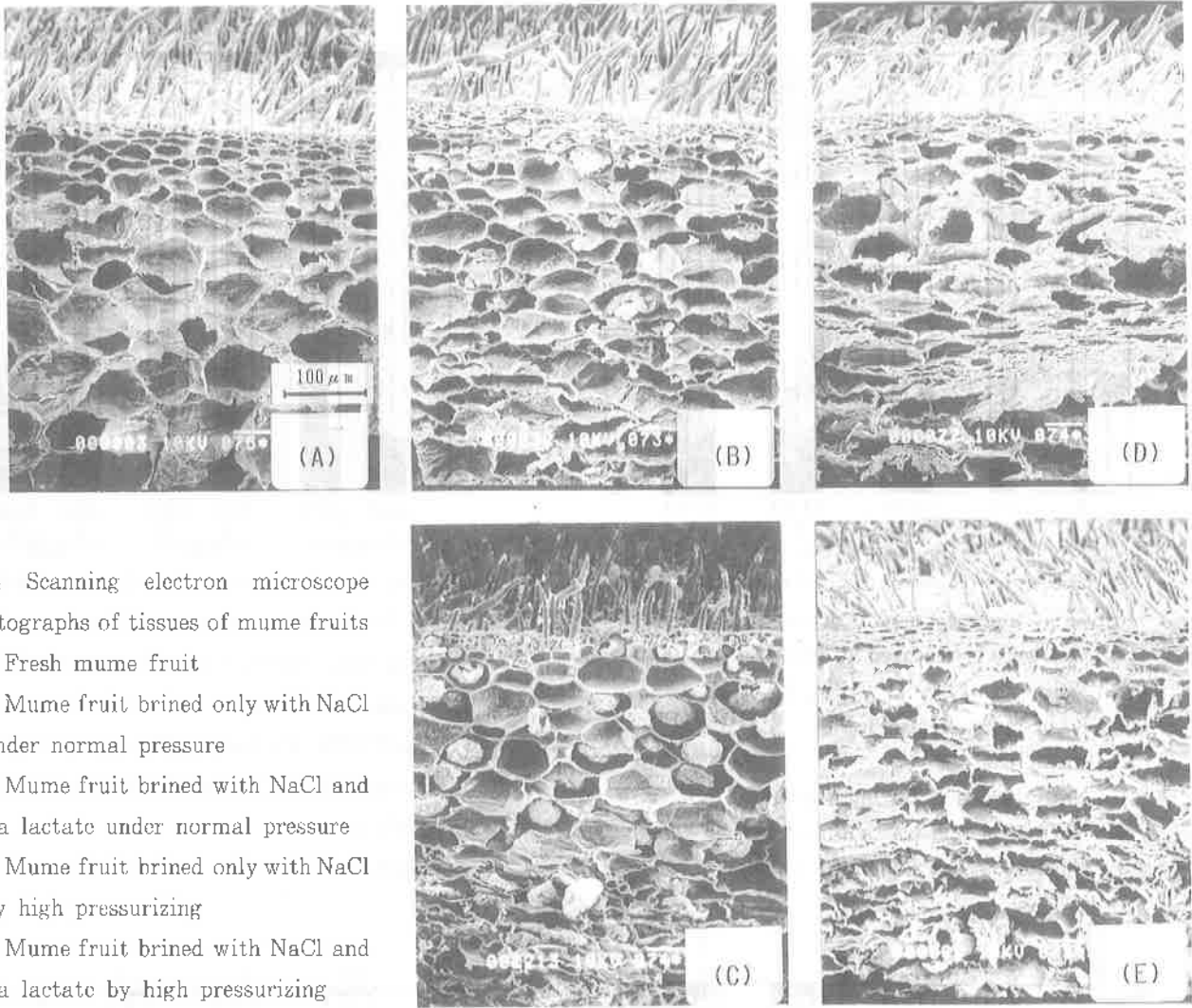


Fig. 4 Scanning electron microscope photographs of tissues of mume fruits  
 (A) Fresh mume fruit  
 (B) Mume fruit brined only with NaCl under normal pressure  
 (C) Mume fruit brined with NaCl and Ca lactate under normal pressure  
 (D) Mume fruit brined only with NaCl by high pressurizing  
 (E) Mume fruit brined with NaCl and Ca lactate by high pressurizing

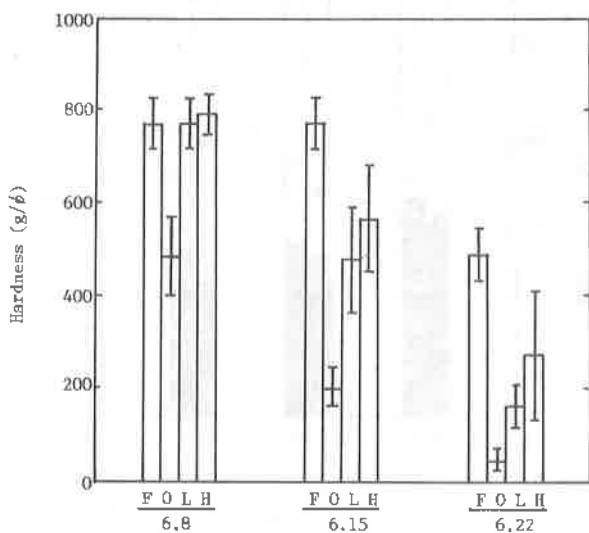


Fig.5 Changes in hardness from mume fruits brined by adding Ca lactate and pressurizing  
 Samples were pressurized at 300 MPa for 10min.  
 F: fresh mume fruit  
 O: NaCl:10% Ca lactate:0%  
 L: NaCl:10% Ca lactate:1.59%  
 H: NaCl:10% Ca lactate:3.18%

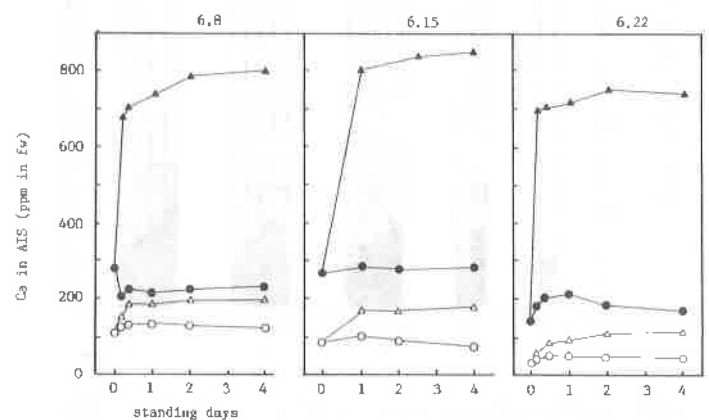


Fig.6 Changes in Ca contents from mume fruits brined by adding Ca lactate and pressurizing  
 (Samples were pressurized at 300 MPa for 10min.)  
 ●: Pericarp(NaCl 10%)  
 ○: Sarcocarp( " )  
 ▲: Pericarp(NaCl 10% + Ca lactate 1.59%)  
 △: Sarcocarp( " )

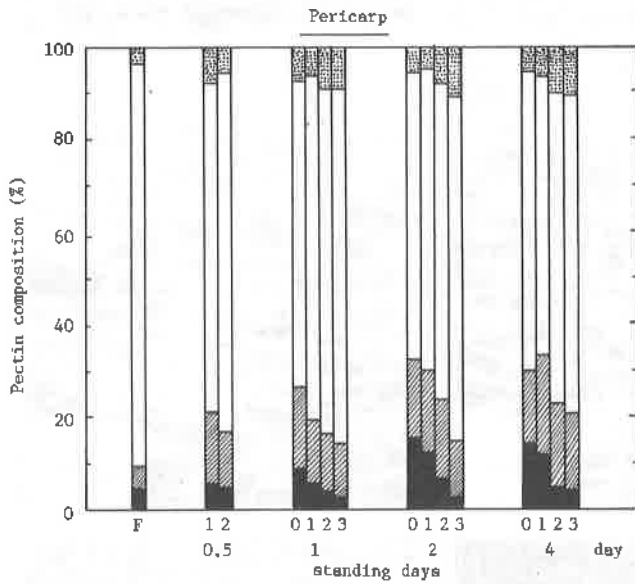


Fig.7 Changes in pectin composition from mume fruits brined by adding Ca lactate and pressurizing. Samples were pressurized at 300 MPa for 10min.  
 ■ : WSP, ▨ : PSP, □ : HSP, ▩ : SSP  
 F : fresh mume fruits  
 O : NaCl:10%  
 1 : NaCl:10% and Ca lactate:0.80%  
 2 : NaCl:10% and Ca lactate:1.59%  
 3 : NaCl:10% and Ca lactate:3.18%

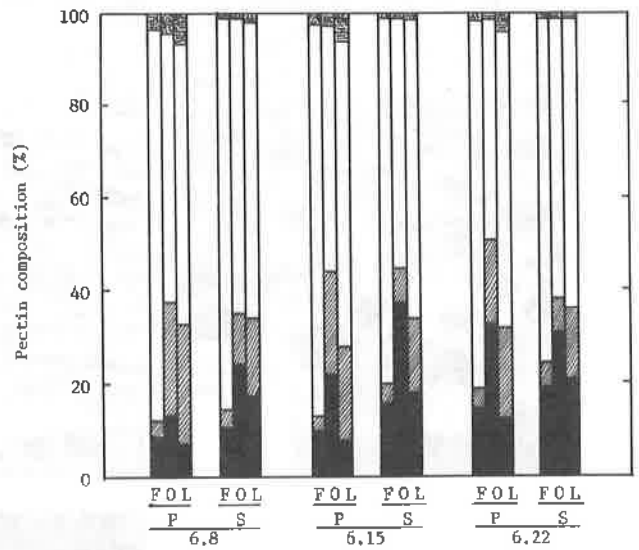


Fig.9 Changes in pectin composition from mume fruits brined by adding Ca lactate and pressurizing. Samples were pressurized at 300 MPa for 10min.  
 F : fresh mume fruits  
 O : NaCl:10% Ca lactate:0%  
 L : NaCl:10% Ca lactate:1.59%  
 P : Pericarp  
 S : Sarcocarp

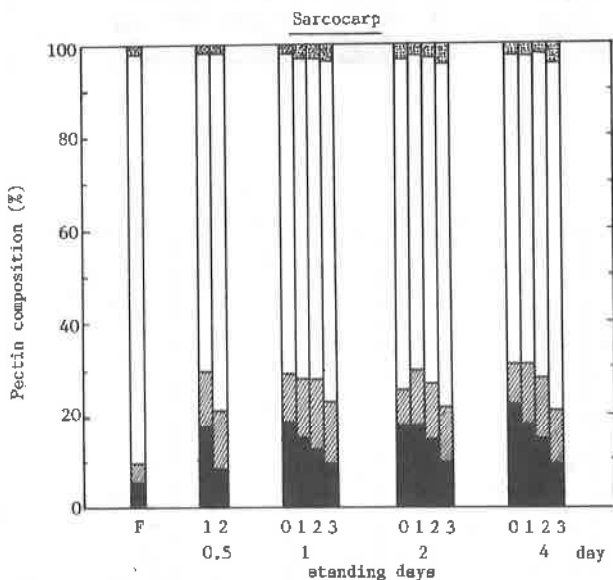


Fig.8 Changes in pectin composition from mume fruits brined by adding Ca lactate and pressurizing. Samples were pressurized at 300 MPa for 10min.  
 ■ : WSP, ▨ : PSP, □ : HSP, ▩ : SSP  
 F : fresh mume fruits  
 O : NaCl:10%  
 1 : NaCl:10% and Ca lactate:0.80%  
 2 : NaCl:10% and Ca lactate:1.59%  
 3 : NaCl:10% and Ca lactate:3.18%

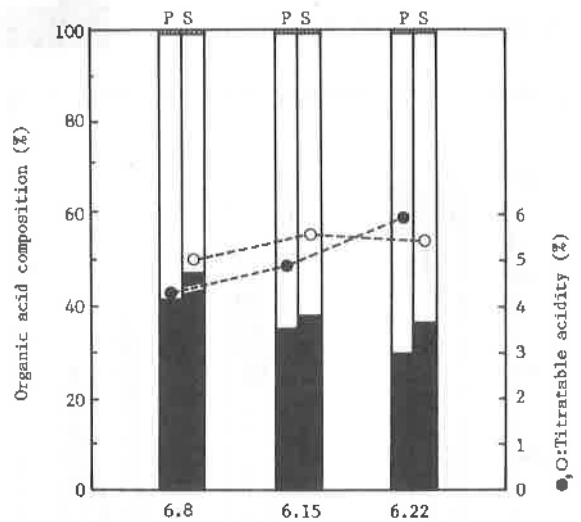


Fig.10 Organic acid composition of mume fruits, cv. Shirokaga during maturation  
 □ : citric acid, ■ : malic acid,  
 ▩ : succinic acid  
 P : Pericarp, S : Sarcocarp

#### 4. 結 言

高圧装置を梅漬けの物性改善処理に利用した結果、果皮部のAIS成分とCaが短時間に結合し、硬度が保持できることがわかった。

今後、ウメと調味液を混合し、迅速に調味液を浸透させ、同時に殺菌を行えば製造工程の短縮化につながり、さらに安価な装置の開発により、実用化への可能性が考えられる。

#### 参考文献

- 1) 原 昭弘・長浜源杜・大林 晃・林 力丸：農化, 64 (5), 1025 (1990)
- 2) 小川浩史・福久一馬・福本治次・堀 恵一・林 力丸：農化 63 (6), 1109 (1989)
- 3) 高橋保男・伊福 靖：果汁協会報, No.381, 41 (1989)
- 4) 島田淳子・香西みどり・山本文子・畑江敬子：日食工誌, 37 (7), 511 (1990)
- 5) 山本文子・香西みどり・畑江敬子・島田淳子：日食工誌, 39 (7), 571 (1992)
- 6) 堀江 雄・木村邦男・井田雅夫・吉田泰博・大亀邦仁：65 (6), 975 (1991)
- 7) 林 力丸：食品と開発, 27 (9), 2 (1992)
- 8) 乙黒親男・金子憲太郎・小竹佐知子・辻 匡子・前田安彦：日食工誌, 40 (10), 720 (1993)
- 9) 乙黒親男・金子憲太郎：日食低温誌, 19 (4), 183 (1993)
- 10) 乙黒親男・金子憲太郎：日食低温誌, 20 (1), 22 (1994)