

## 柑橘生鮮配合果汁のもめん豆腐製造凝固剤としての適性と品質\*

田尻尚士\*

Suitability of Fresh Citrus Juice Combination Coagulants  
and Quality of Tofu in Production of *Momen Tofu*

Takashi TAJIRI

## Synopsis

In the mass production of *tofu* using a large-scale machine method, we attempted to produce *tofu* as soft to the tongue as the conventional hand-made *tofu* using natural coagulants demanded by customers. As natural soagulants, Yuzu and Sudachi, fresh citrus fruits juice, were combined at various ratios with *Ume-zu* containing organic acid and *Nigari*. The suitability of the combined coagulants in *tofu* production was evaluated in terms of the yield of *tofu*, coagulation rate, food physical properties, water content, pH, and color tone.

*Nigari* frequently used in hand-made *tofu* and *Caso*, and GDL were widely used in mass production of *tofu* with large-scale machines, because they have a wide reaction range and highly heat-resistant. They release Ca, Na and Mg ions during degradation, decrease pH, increase repulsion of soybean protein and promote cross-linking formation, resulting in rapid and solid aggregation and coagulation of soymilk. Therefore, the physical properties of *tofu* production increase, and the water content decreased and solid *tofu* was obtained.

On the ionic strength, inhibited gel formation of soymilk. They decrease repulsion and binding of proteins probably due to a narrower reaction range and lower heatresistance, giving rise to slower aggregation and coagulation. Therefore, the physical properties of *tofu* products decreased and the water content increased.

In terms of the quality of *tofu*, 60-80% of *ume-zu* was appropriate as coagulants and provided soft touch on the tongue and for arable passage through the throat as observed of hand-made *tofu*.

In terms of color tone, *tofu* produced using combined coagulants contating a high ratio of *ume-zu* showed light yellow. Thses color tone are natural sustances and allow mass production of *tofu* resembling had-made *tofu* in quality even by the large-scale machine method.

Further improvement is necessary for the combined ratio, the addition ratio as well as for production and processing conditions.

## 結 言

近年、豆腐製造は大型店舗の出現や販売エリアの拡大に伴い、大規模機械法での大量生産が主流となり、製造時の作業性や輸送耐性が重要視され、豆腐本来のソフトな舌触りや滑らかな喉越し感などの品質面が軽視され、食味的にやや粗雑な製品が増加する傾向が認められる。

前報<sup>1)</sup>で柑橘生鮮果汁をもめん(普通)豆

腐製造凝固剤として用い、製品豆腐の食品物性を中心に適性を検討した。

柑橘生鮮果汁凝固剤(単独凝固剤)を用いて製造した豆腐は、総合的に食品物性が僅かに低く、作業性や輸送性に劣る結果となったが、食味的には、仄かに柑橘生鮮果汁特有の風味を保持し、これら天然果汁は天然志向型の凝固剤として付加価値が有るものと考えられた。

\*近畿大学農学総合研究所(奈良市中町3327-204)

The Institute for Comprehensive Agricultural Sciences Kinki University, Nakamachi 3327-204, 631 Nara

本報では、食品物性の強化と豆腐本来のソフトな舌触りと滑らかな喉越し感の形成を目的に、ダイズタンパク質の酸・熱凝固性を応用し、前報<sup>1)</sup>で適性を有した有機酸に富むユズ、スダチ両果汁および有機酸と苦汁を併含する梅酢を多様に配合した柑橘生鮮配合果汁凝固剤（配合凝固剤）を用い、もめん豆腐製造用凝固剤としての適性を凝固能と製品品質の両面より検討した。

凝固剤の適性は、製品歩留まり率、凝固進行状況、食品物性、水分含有量、pHおよび色調により判定した。

なお、基本（対照）区として、従来の手造り豆腐に多用される苦汁、大量生産下で多用されるグルコノデルタラクトン（GDL：製造業者3社より聞き取り調査）および硫酸カルシウム（CaSO<sub>4</sub>：製造業者4社より聞き取り調査）の3区を設け、比較検討した。

実験区分の有意性は、t検定で行い1.0%\*\*、5.0%\*で文中に記載した。

## 実験材料と方法

### 1. 実験材料

- 1) 原料ダイズ(*Glycine max* Merr: 兵庫県加東郡東条町、鶴の子、1995産)を収穫後6か月間5±2℃/RH85%下で貯蔵して試料とした。
- 2) 凝固剤
  - a) 苦汁 (*Nigari*: MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O 75%, CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 15%, 溶解性98%/90℃、pH6.9, 三宝化学社製)
  - b) グルコノデルタラクトン (Glucono- $\theta$ -lactone: GDL, C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>6</sub>-Maglactone 79%, 溶解性 97%/90℃、pH6.9, 理研ビタミン社製)
  - c) 硫酸カルシウム (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 97%, 溶解性98%/90℃、pH6.9, 三宝化学社製)
  - d) 梅酢 (*Ume-zu*: 天然苦汁 18.5%含有、阪急漬物社製)
  - e) ユズ (*Citrus junos* SIEB, 徳島産)、スダチ

Table 1 Organic acid content and pH of citrus fresh fruit juice

Organic acid of citrus fresh fruit juice (content:%)							
	Citric	Malic	Succinic	Lactic	Acetic	Total	pH
<i>Ume-zu</i> *	0.374	0.051	0.012	0.020	0.034	0.491	4.2
Yuzu	5.330	0.570	0.122	0.099	0.019	6.221	2.5
Sudachi	5.226	0.461	0.150	0.326	0.032	6.195	2.4

Condition-for HPLC chromatography (Shimadzu RID 6A)

Colum: Shima-pack SCR-101H, 7.9 mm X 30 cm

Colum temperature: 50°C, Mobile phase: water pH 2.1

Flow rate: 0.5 ml/min, Detection: 210 nm

Chart speed: 5 mm/min

\* *Ume-zu*: Saluted sour Japanese apricot, Salt content: 18.5%

(Hankyu Salting Co., Ltd)

Table 2 Abbreviated name and proportion of coagulants used

Abbreviation-Section (CFJ)		UY-1	UY-2	UY-3	UY-4	UY-5
Mixed proportion of Coagulants	<i>Ume-zu</i> +Yuzu (UY)	8	6	5	4	2
		2	4	5	6	8
	CFJ	US-1	US-2	US-3	US-4	US-5
		8	6	5	4	2
	<i>Ume-zu</i> +Sudachi (US)	2	4	5	6	8
		UY-1	UY-2	UY-3	UY-4	UY-5
	<i>Ume-zu</i> +Yuzu+Sudachi (UYS)	6	1	3	4	8
		3	6	1	3	1
		1	3	6	3	1

(TAJIRI)

(*Citrus Suddachi* HORT、徳島産)は、ハンド式加圧搾汁器で搾汁し、口液果汁をNo6口紙(東洋科学産業社製)を用いて口過した。

d),e)凝固剤の有機酸含有量と配合割合および区分名称をTable 1 および Table 2 に示した。

凝固剤の添加率は、前報<sup>1)</sup>を基準とし、豆乳重に対し苦汁3.0%、GDL3.0%、CaSO<sub>4</sub> 3.4% (いずれも聞き取り調査値)とした。なお、原料ダイズに対する総加水量は約10

倍とした。

## 2. もめん豆腐の製造法

基本となる原料ダイズの磨砕、加水量、加熱温度、製造条件および操作は前報<sup>1)</sup>に準じ、概略はFig.1に示した。

なお、実験に際し、苦汁をControl,GDLをMaker-A(M-A), CaSO<sub>4</sub>をMaker-B(M-B)として各々比較対象とし、M-A,M-Bは製品品質以外の測定項目については聞き取り調査値を平均して比較した。

## 3. 凝固剤の適性と測定項目

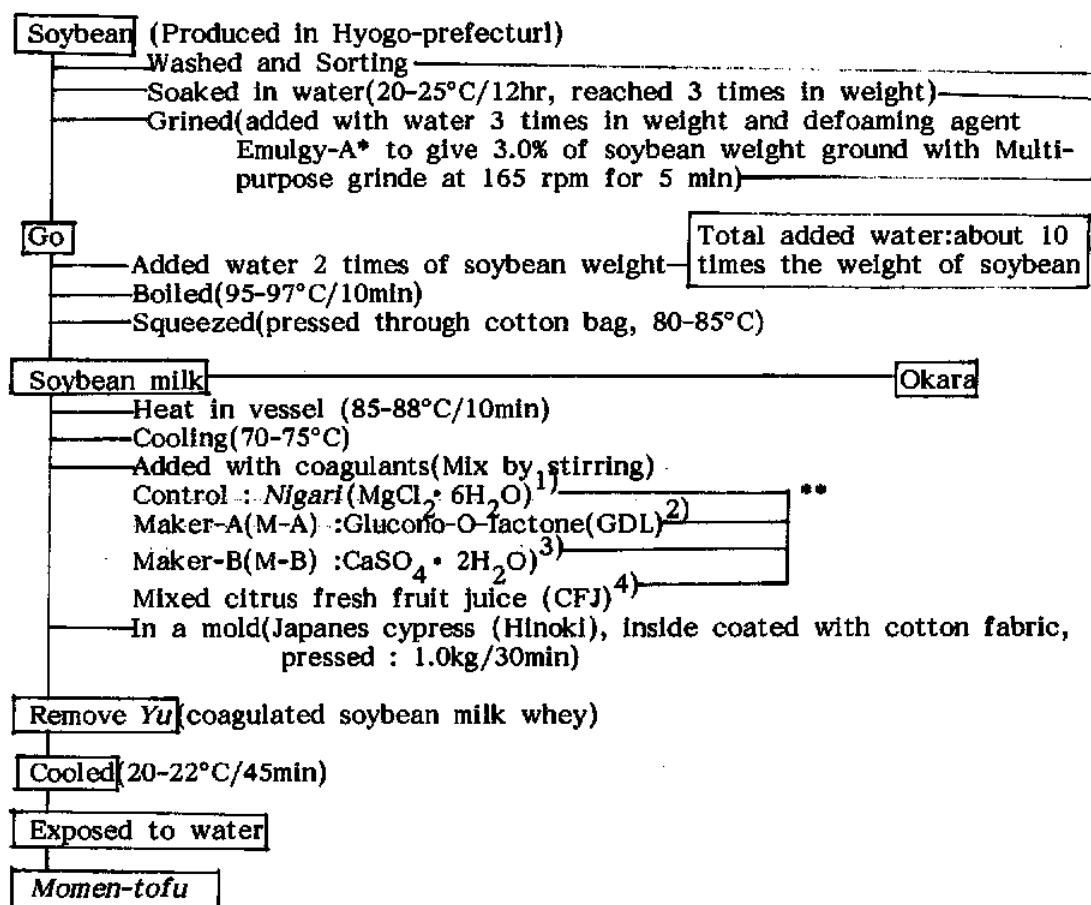


Fig.1 Outline of manufacturing *Momen-tofu* products in the automated mass production method.

\* Emulgy-A : Glycerol fatty acid ester 97%, pH 7.5(Riken vitamin Co.,Ltd)

\*\* Added coagulants % : to soybean milk weight(X 10 times-soybean weight)

1) *Nigari*(Sanpou Kagaku Co.,Ltd): 3.0%

2) M-A(Riken vitamin Co.,Ltd): 3.0%

3) M-b(Sanpou kagaku Co.,Ltd) : 3.4%

4) CFJ : 3.0%

- 1) 豆腐の歩留り率：原料ダイズ重に対する製品豆腐重の倍率より算出した。
- 2) 凝固進行状況：凝固剤添加直後より、製品豆腐表面に離水層が出現（一部ゆが分離）する凝固終点に至る所要時間（秒）をストップウォッチ（セイコウ社製）で測定した。
- 3) 食品物性：デジタル式レオ・メーター（サン科学社製R-200D）を用い、進入度（専用アダプターNo4）、弾力度（No1）、硬度（No17）、咀嚼度（No35-B）を測定した。

- 4) 水分含有量：デジタル式電子赤外線水分計（長計量器社製LB-30型）を用いた。
  - 5) 色調：デジタル式色差計（日本電色工業社製ND-1001型）を用い、ハンター表色法のLb/IaIで算出測定した。
  - 6) pH：デジタル式pHメーター（日立製作所社製M-BE）で測定した。
- なお、実験は各区分毎に5度繰り返し、1回につき10個体を測定し平均値を求めた。製造業者 M-A,B製品豆腐は各社10個体を測定し

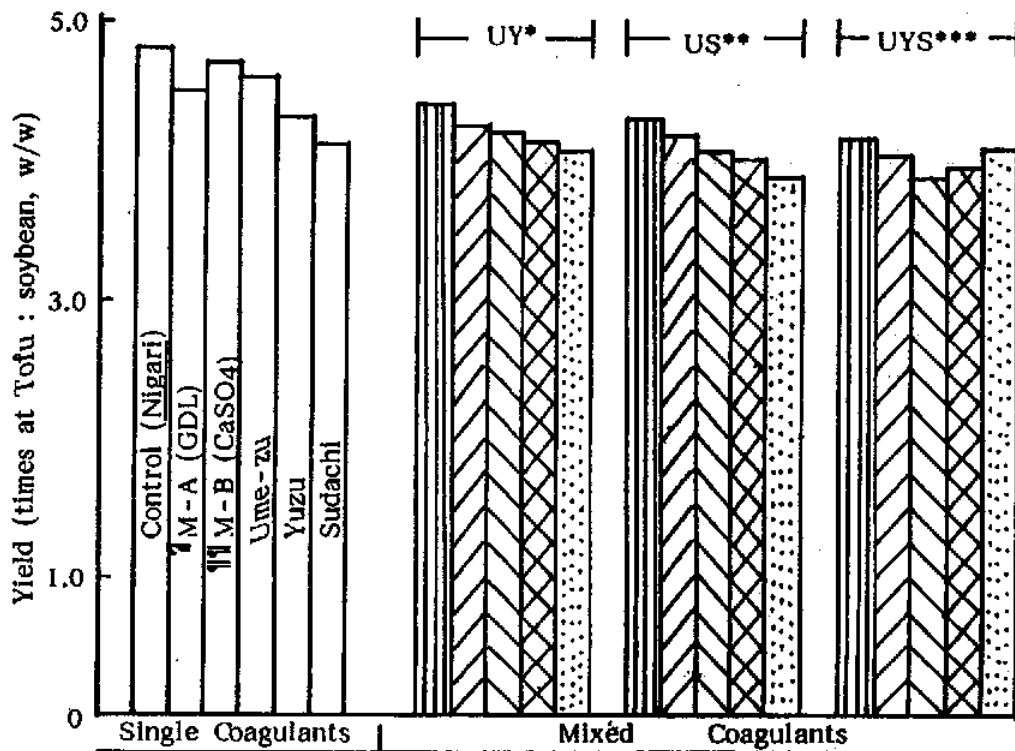


Fig.2 Effect of mixed coagulants on the yield of *Momen-tofu* .

¶ M-A Maker-a, ¶¶M-B : Maker-B(Confirmed by maker)

\*UY : Ume-zu + Yuzu

\*\*US : Ume-zu + Sudachi

\*\*\* UYS : Ume-zu + Yuzu + Sudachi

( ) ; Used coagulants

(Refer Table 2 for abbreviated number)

Mixed section: : 1 : 2 : 3 : 4 : 5

(TAJIRI)

平均値求めた。

**結果と考察**

**1. 製品豆腐の歩留り率**

製品豆腐の表面水分をガーゼで拭き取り、秤量して原料ダイズ重に対する倍率を求めた。

製造業者間では、歩留り率は4.5-5.0倍が望まれ、聞き取り調査値の平均値は、M-A4.51, M-B4.72倍であった。これらの結果は

Fig.2に示した。

単独凝固剤（苦汁、M-A, M-B, 梅酢、ユズ、スタチの単独使用）では、Control（苦汁）4.82、梅酢4.61倍で許容値を示すが、ユズ、スタチは4.11倍で許容値に達せず不適格であると判定した。

配合凝固剤では、梅酢+ユズ（UY）、梅酢+スタチ（US）、梅酢+ユズ+スタチ（UYS）の全区で許容値に達せず不適格となり、梅酢高配合下(80%)では歩留り率は上昇し、スタチ高

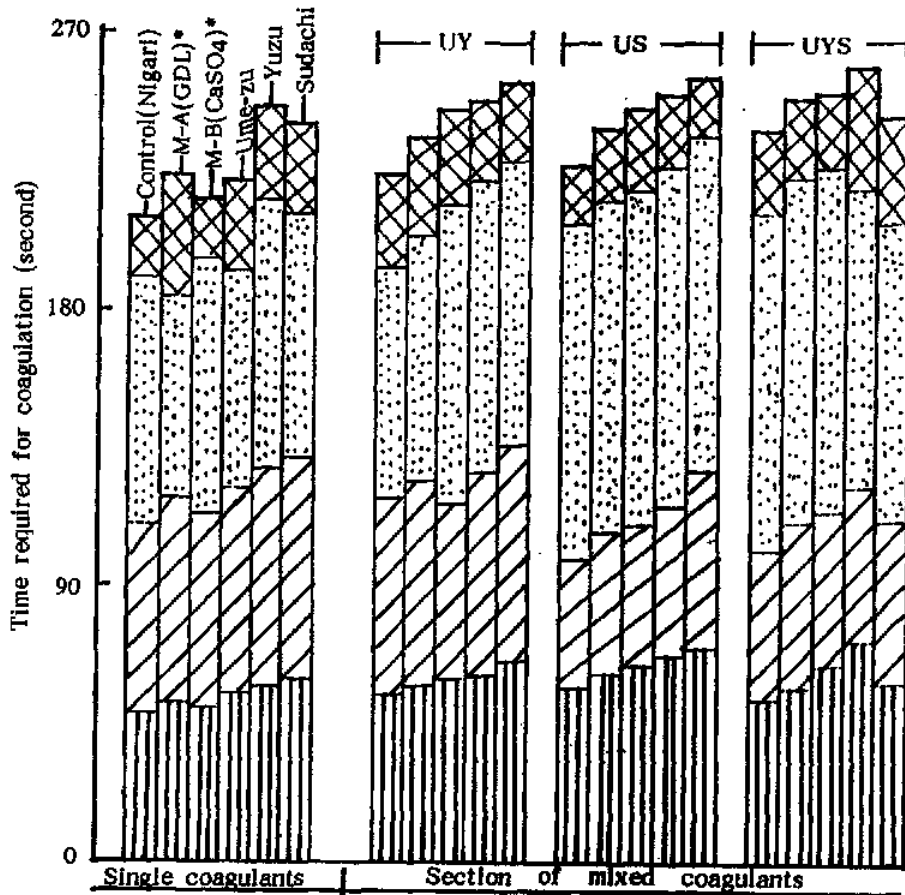






Fig.3 Effect of mix-type coagulants on the velocity of coagulation of soybean proteins during *Momen-tofu* production.

\*M-a and \*M-b : Average of confirmed to maker

(Refer to Table 2 and Fig.1)

Coagulation process at Looks :

-  : Turbidity
-  : Tender pudding
-  : Tight pudding
-  : Coagulation period

配合下(80%)で低下する傾向を示し、単独使用時の様相が配合区に移行する結果を示した。

Controlを基準に配合凝固剤の梅酢高配合区と比較すれば、UY-1 -8.71%\*\*、US-1 -11.41%\*\*、UYS-5 -15.14%\*\*となり、顕著に歩留り率は低下し凝固剤として不適格となった。

苦汁、GDLおよびCaSO<sub>4</sub>は、熱反応性や溶解性に富み、豆乳中のタンパク質の酸・熱凝固性<sup>2)</sup>が高まり歩留り率が向上するが、配合凝固剤は強酸であるためタンパク質分子のプラス荷電化により静電的な反応を呈し、高次組織構造<sup>3)</sup>が消失し、凝固性が劣化することより歩留り率が低下したと判断された。

## 2. 豆腐製造における凝固速度(凝固進行状況)

凝固速度は、(i)凝固剤添加直後の泥状沈殿物の出現(MP)(ii)軟弱な半プリン状化(HP)(iii)滑らかなプリン状化(WP)、(iv)上面に離水層が出現(一部ゆが分離)する凝固終点(CT)の4段階に至る所要時間(秒)より判定し、結果をFig.3に示した。

凝固速度は、泥状沈殿化が速く、プリン状化が敏速であれば促進され進行状況は良好となった。

Controlは、敏速な凝固状況を示し、PM47.9、HP109.9、WP189.6、CT209.7secとなった。M-Aでは各々 51.3、118.4、185.6、223.6sec、M-Bは50.2、113.4、195.1、216.7sec(いずれも聞き取り平均値調査値)となり、凝固剤CaSO<sub>4</sub>はGDLより凝固速度は僅かに敏速となるが微差であった。

単独凝固剤とControlとのCT比較では、梅酢が最も敏速で219.7sec(+4.76%\*)、ユズが最も緩慢で247.2sec(+17.88%\*\*)となり、両者共に凝固反応が遅延された。

配合凝固剤区では、全区で類似した様相を呈し、単独凝固剤の様相を反映する傾向となった。

凝固速度が最も敏速となるのは、UY-1 223.4sec(+6.53%\*\*)、最も遅延されたのはUYS-4 261.4sec(24.65%\*\*)であり、梅酢高配合下のUY-1、US-1で適性を示したが、他の全区は不適格となった。

凝固速度を進行状況より判定すれば、凝固最終時でのゲル形成は部分的変形タンパク質

の凝集体形成過程<sup>4)</sup>であり、凝固剤のpH、豆乳の加熱処理条件などが満たされることにより、規則正しく、敏速に進行<sup>5)</sup>するため、耐熱性と反応性に富み、pH降下作用やキレート性<sup>6)7)</sup>に富む苦汁、GDL、CaSO<sub>4</sub>は凝固速度が促進された。これらの性質に欠ける配合凝固剤では、pHが等電点より離れ、強酸<sup>8)</sup>であるために豆乳のゲル化が低下し遅延されたと考えられた。

## 3. 配合凝固剤による製品豆腐の食品物性

食品物性は、食味時の歯当たりや歯切れ感、舌触りおよび喉越し感などの全般的な咀嚼感を知るために測定し、その結果はFig.4に示した。

1) 進入度：豆腐内面の組織密度を知るために測定した。

Controlは6.75dyn/mm<sup>2</sup>、M-A 8.75dyn/mm<sup>2</sup>(Controlとの比較+29.62%\*\*)、M-B 8.05(+19.25%\*\*)dyn/mm<sup>2</sup>と顕著に高いことが認められた。本来、ソフトで滑らかな舌触りと喉越し感を呈する手造り豆腐では6.5-7.0dyn/mm<sup>2</sup>とされるが<sup>9)</sup>、M-A、Bでは、食味時での歯切れ感や喉越し感が滑らかさに欠けてやや粗雑となった。

配合凝固剤の進入度は、全区でControl、M-A、Bを下廻りやや軟弱となるが、食味感は舌触り、喉越し感共にソフトで滑らかであった。

単独凝固剤の進入度は、梅酢>ユズ>スタチの順に高くなった。なお、食味感はControlと差がなく良好であった。

配合凝固剤の進入度は、梅酢高配合下で上昇し、スタチ高配合下で低下し、歩留り率、凝固速度の良否と一致した。

梅酢高配合区とControlの比較では、UY-1 5.7(-14.81%\*\*)、US-1 3.75(-44.44%\*\*)、UYS-5 3.62(-46.37%\*\*)dyn/mm<sup>2</sup>となり、US、UYS全区で進入度が低下して不適格となった。

なお、進入度が4.0 dyn/mm<sup>2</sup>前後では凝集性が弱く、内面組織は均一であるが<sup>9)</sup>やや脆く結着性に欠けた。

配合凝固剤の進入度は、pHがダイズタンパク質の等電点のpH4.3よりも低下し大きく離れるため、タンパク質の溶解性や沈殿による分離、会合が阻害され、凝集、凝固が弱化するが、単独凝固剤の苦汁、GDL、CaSO<sub>4</sub>で

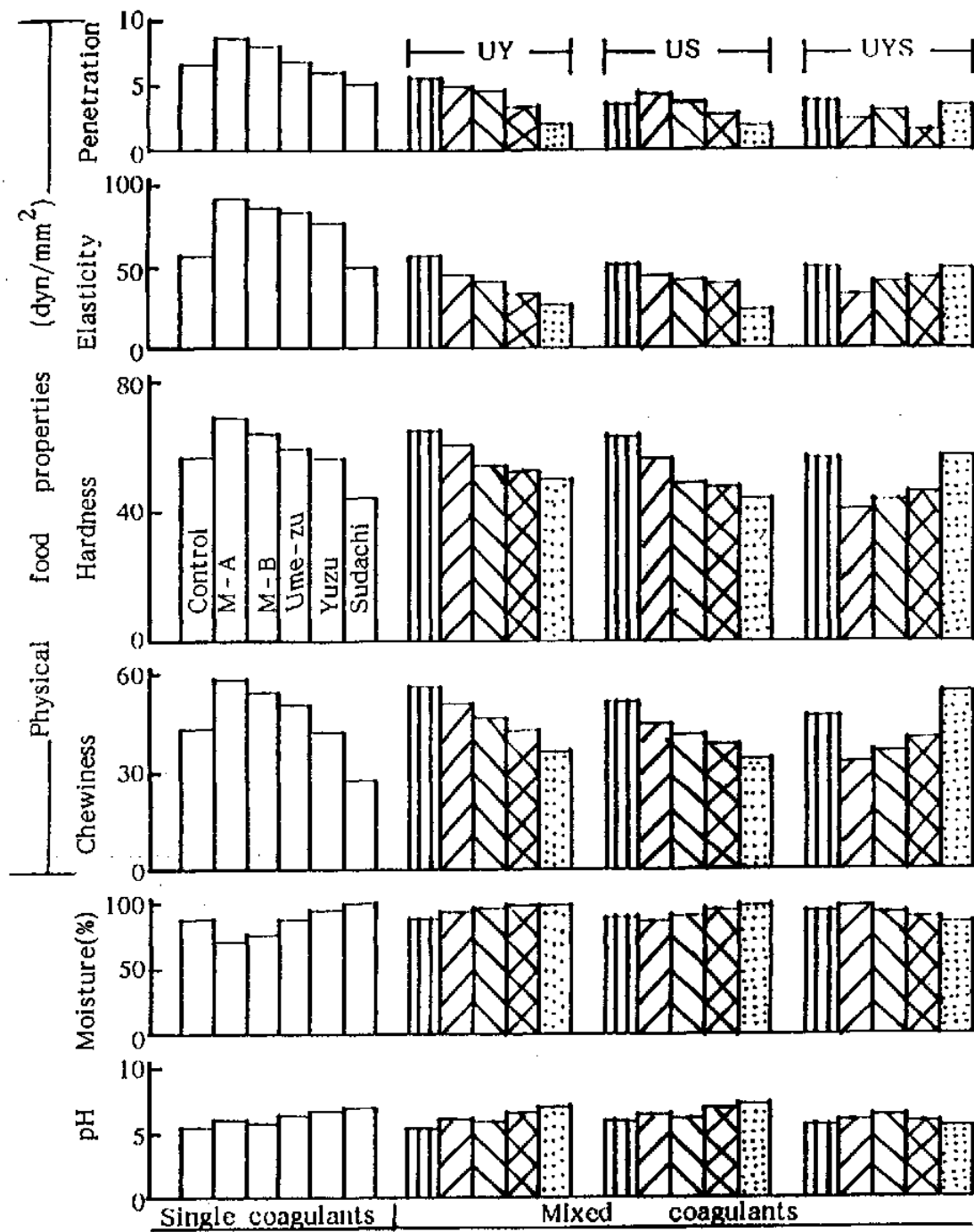







Fig.4 Effect of mix-type coagulants on the physical food properties, moisture and pH of the *Momen-tofu* products.

(Refer to Table 2 for abbreviated number)

Mixed section :  : 1  : 2  : 3  : 4  : 5

は、Ca、Mgイオンなどの塩類の存在により凝集、凝固が強化<sup>9)</sup>され進入度が高まったと考えられた。

2) 弾力度：食味時の歯当りと咀嚼感を知るために測定した。

従来の手造り豆腐の弾力度は、55-62dyn/mm<sup>2</sup>が良好とされる。

配合凝固剤の総合的な傾向は、進入度と類似する傾向を示した。

Controlは、56.81dyn/mm<sup>2</sup>で手造り豆腐の許容値内となり良好で、Controlとの比較では、M-A +60.56%\*\*、M-B +34.15%\*\*dyn/mm<sup>2</sup>と顕著に高く、食味感がやや粗雑となるが、作業性や輸送性に富むことが認められた。

配合凝固剤の弾力度は、梅酢高配合下で上昇し、スタチ高配合下で低下した。Controlと梅酢高配合区の比較では、UY-1 58.4(+2.81%\*)、US-1 52.4(-7.74%\*\*)、UYS-5 52.8(-7.04%\*)dyn/mm<sup>2</sup>となり、UY-1は許容値に達し適性を有したが、他の全区は未到達で不適格となり、全般的に弾力度が不足する傾向となった。

食味時では、Control、UY-1、US-1、UYS-1は差がなくソフトで滑らかな咀嚼感を呈した。

配合凝固剤は、強酸なためダイズタンパク質の解離、会合や凝集、凝固性が阻害され弾力度は低下し、反応性や熱耐性が緩慢でかつ弱いことも原因の一つと考えられた。

3) 硬度：歯ごたえと咀嚼感を知るために測定した。

手造り豆腐の硬度は、55-60dyn/mm<sup>2</sup>が良好とされる。

硬度の総合的な様相は、進入度や弾力度と同じ傾向を呈し、Controlは56.2dyn/mm<sup>2</sup>となり、これらと比較すればM-A +24.73%\*\*、M-B +17.79%\*\*と高く、大量生産下では作業性や輸送耐性を考慮した強固な豆腐であることが認められたが、食味感がやや粗雑であった。

Controlを基準に単独凝固剤で適性を呈した梅酢配合60%区と比較すれば、UY-2 +8.71%\*、US-2 +2.49%\*、UYS-2 -26.15%\*\*となり、US-2で適性が認められ、次いで、UY-3、4、UYS-5で近似値を示し、ソフトな食味感を呈し適性が有ると認められた。

なお、UYS-2-4とスタチ単独区で箱詰め時

に角落ちする個体が出現し、脆さが認められ不適格となった。

配合凝固剤は、溶解性や熱反応性が、苦汁、GDL,CASO<sub>4</sub>より劣り、強酸であるために豆乳中のタンパク質の凝固性<sup>10)</sup>が劣化し、硬度が低下したものと判断された。

4) 咀嚼度：総合的な食味感として豆腐味覚に直接関与し、重要視されるために測定した。

咀嚼度は、進入度、弾力度、硬度が高まれば上昇し、全般的に梅酢高配合下で上昇し、スタチ高配合下で低下した。

咀嚼度は、Control 44.1dyn/mm<sup>2</sup>となり、消費者間で要望の強いソフトで滑らかな食味感を有する手造り豆腐では40-50dyn/mm<sup>2</sup>が良好とされる。

Controlとの比較では、M-A +33.56%\*\*、M-B +31.74%\*\*と極めて高く、単独凝固剤では梅酢>ユズ>スタチの順に高く、ユズ区がControlと近似値を呈し+1.81%\*dyn/mm<sup>2</sup>で許容値を示し良好であった。

配合凝固剤では、ユズ30-50%配合のUY-3 +0.91%、US-3 +0.22%、UYS-4 -4.76%\*、UYS-1 +8.39%\*\*dyn/mm<sup>2</sup>が許容値と合致し適性を有した。梅酢高配合下では咀嚼度が高く不適格となったが、食味時のControlとの比較では違和感は認められなかった。

なお、60dyn/mm<sup>2</sup>以上となれば舌触りと喉越し感が粗雑となった。

製品豆腐の総合的な食品物性については、梅酢高配合区で上昇するが、これらは梅酢中の苦汁成分により豆乳のゲル状タンパク質のネットワーク形成がタンパク質相互間の結合の平衡に依存しているため、凝集強度がCa、Mgイオン濃度の増加と共に上昇<sup>10)</sup>する。ゲルの堅さと強さは加熱温度と時間およびpHに左右<sup>11)</sup>され、配合凝固剤では、総合的にダイズタンパク質間の反発力や凝集性が弱まり、豆腐の食品物性<sup>12)</sup>が低下するものと判断された。

#### 4. 配合凝固剤区における製品豆腐の水分含有量

水分含有量は製品豆腐の歩留り率や食品物性に直接関与するのでそれを測定した。結果をFig.4に示した。

水分含有量は、手造り豆腐では85-87%が



良好とされ、製品歩留り率や食品物性が上昇すれば逆比例的に低下することが知られている。

Controlの水分含有量は85.5%で許容値を満たし、M-A -18.01%\*\*、M-B -10.76%\*\*を示し、許容値に達せず手造り豆腐に比して水みずしさに欠けた。

単独凝固剤では、スタチ>ユズ>梅酢の順に高く、ユズ区はControlと近似値を呈し0.71%となり適性を有した。

配合凝固剤では、梅酢配合(60-80%)下のユズ、スタチ(20-40%)配合区で水分含有量は許容値に達し、US-2 +0.80%、UYS-5 +1.40%\*となり適性が認められた。

なお、UY-1、US-1の梅酢高配合区では、数値的に過度となるが食味感は良好で、舌触り、喉越し感共に良好であった。水分含有量が、90%以上のUY-5、US-5、UYS-2では咀嚼感が物足りなく、水っぽさと脆さを呈して不適格となった。

水分含有量は、タンパク質の網目組織の構成時にNaCl濃度が上昇すれば促進され、分子間の結合水や吸着水などの残存率の低下や凝固剤のpH、加熱条件に影響され、また、Ca、Mgイオンの活性力に左右され、最終的に凝集、凝固強度<sup>13)</sup>に依存するものと判断された。

### 5. 配合凝固剤区における製品豆腐のpH

pHは、豆腐製造工程中のダイズタンパク質の溶解性、ゲル形成や歩留り率及び食品物性に大きく関与する。その測定結果をFig.4に示した。

手造り豆腐のpHは5.5-6.0が良好とされる。

ControlのpHは5.49、M-A5.98(+8.92%\*\*)、M-B5.62(+2.36%\*\*\*)となり、単独凝固剤のpHは全体的に高く、スタチ>ユズ>梅酢の順となり、梅酢6.41(+16.75%\*\*\*)で極めて高く不適格となり、M-A、Bは許容値内で適性を有した。

配合凝固剤では、梅酢高配合下のUY-1-3、UYS-1、5で適性を有し、とくに、UY-1 +0.18%、UYS-1 +0.72%、UYS-5 +2.18%\*が良好となり、US-1、3、UYS-4は数値的に許容値を越えるが食味感良好であった。pH6.8-7.0以上では僅かに酸味と渋味を呈する個体(UY-

5、US-5)が認められた。

pHは、ダイズタンパク質の網目構築に重要であり、ゲル形成において微酸性、微アルカリ性下では促進されて有効に働き、水中でのタンパク質間の反発力を弱め結合力を促進する。CaSO<sub>4</sub>、GDLは水溶液中で分解しpHを低下させ、タンパク質のプラス電荷が減少するので、凝集、凝固を向上<sup>14)</sup>することが知られる。

配合凝固剤はこれらの働きが弱く、同時に強酸であるためゲル形成時でのタンパク質間の架橋の構築が不備となり、タンパク質ネットワークの網目が疎らとなり、食品物性の低下や水分含有量を上昇させる。これらはタンパク質間の結合時における有機酸中のハイオンの放出<sup>14)</sup>が緩慢となりpHの低下が阻害された結果と考えられる。

### 6. 配合凝固剤を用いた製品豆腐の表面色調

手造り豆腐は、乳白色から乳黄色で艶と光沢を有し、表面と内面が同色であるため表面色調をハンター表色法<sup>15)</sup>で測定した。これらの結果はFig.5に示した。

ControlのLb/IaIは737.76を示し、M-A、Bと殆ど差はなく、単独凝固剤の梅酢は+422.03%\*\*と極めて高く、製品豆腐は乳灰色から僅かに淡紅紫色を呈した。ユズ、スタチは、乳灰色から淡乳黄色を呈した。

総合的な製品豆腐の色調は、配合凝固剤では各単独凝固剤の配合率(60%以上)が高まれば凝固剤自体の色調が現れる傾向を示し、とくに、梅酢60-80%配合下ではL(明度)値が上昇し、a(色相)値が低下して灰かに淡紅紫色を示し、UY-1、UYS-1、5ではこれらの傾向が強く、天然志向型の製品としての付加価値は高いものと判断された。ユズ、スタチ高配合(80%)下では、Lb/IaI値が極めて低く、灰かに淡黄色となった。

肉眼観察で付加価値を有し良好と判断された配合凝固剤とControlの比較では、UY-1 +139.25%\*\*、UYS-5 +415.70%\*\*、UYS-1 +261.73%\*\*、UY-5 -90.91%\*\*、US-5 -1.50%\*となり、前4者は数値的には大差があったが、これらは明度と色相値の差に起因すると考えられる。肉眼観察では艶や光沢に差はなく良好であった。

Hunter color value\*

Mixed section		L	a	b	
Single	Control	83.4	-1.3	11.5	
	M-A	84.1	-1.4	12.7	
	M-B	83.6	-1.4	12.8	
	Ume-zu	88.2	-0.3	13.1	
	Yuzu	78.1	-0.6	14.1	
	Sudachi	79.2	-0.5	13.7	
Coagulants	UY	UY-1	82.2	-0.6	12.9
		UY-2	81.7	-1.0	12.7
		UY-3	84.2	-1.2	12.4
		UY-4	81.1	-1.4	12.1
		UY-5	80.2	-1.4	11.7
	US	US-1	86.1	-0.5	12.8
		US-2	85.2	-0.9	12.6
		US-3	84.3	-1.1	12.2
		US-4	82.6	-1.2	11.9
		US-5	81.4	-1.3	11.6
	UYS	UYS-1	87.5	-0.4	12.2
		UYS-2	86.1	-0.5	13.7
		UYS-3	85.3	-0.5	13.6
		UYS-4	86.7	-0.4	12.0
		UYS-5	87.8	-0.3	13.0

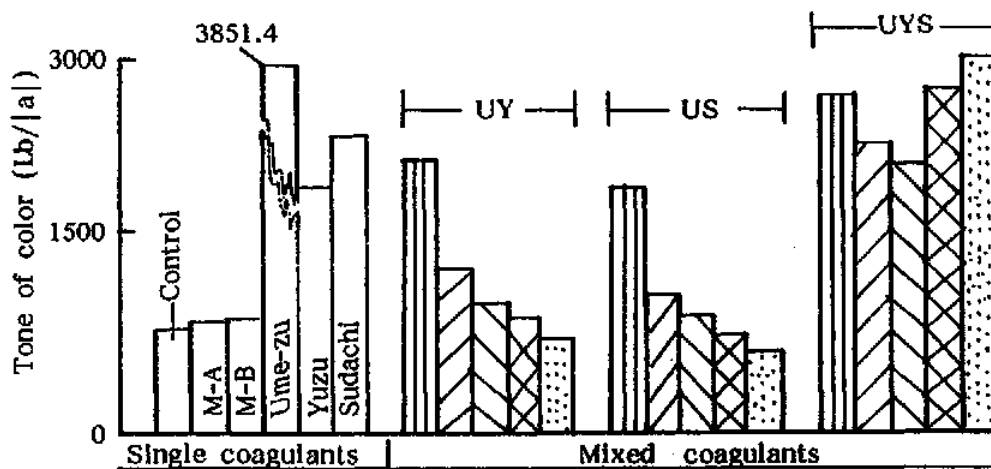


Fig.5 Surface color tone of the *Momen-tofu* produced with mix-type coagulants.

(Refer to Table 2 for abbreviated number)

Mixed section: : 1 : 2 : 3 : 4 : 5

配合凝固剤による豆腐の色調は、総合的に凝固剤の配合比に左右され、肉眼観察での色調感はユズ、スダチ高配合区で適性があり、さらに、梅酢高配合区で梅酢特有の色調を呈し天然志向型の付加価値や適性があると判定された。

なお、UY、US全区は艶と光沢に恵まれ適性を有し、一方、UYS全区はやや光沢性に欠ける結果を示した。

## 要 約

もめん豆腐製造用凝固剤として、柑橘生鮮果汁を多様に配合した柑橘生鮮配合果汁凝固剤（配合凝固剤）の適性について、製品豆腐の歩留り率、凝固速度、食品物性、水分含有量、pHおよび表面色調によって検討した。

従来の手造りもめん豆腐に多用された天然苦汁や近年大規模機械法での大量生産下で多用されるCaSO<sub>4</sub>・GDLなどは、反応性や熱耐性に富み、分解時にCa、Na、Mg、Hイオンを放出してpHを低下させ、ダイズタンパク質の等電点(pH4.3)に近づき、タンパク質の反発力を強めて、タンパク質の結合架橋の構築を促進する。その結果豆乳の凝集、凝固が敏速強化するので、それらは有効な凝固剤であるとされるが、製品豆腐の食味感が僅かに粗雑となる欠点がある。

配合凝固剤は、pHが極めて低く、かつ、イオン強度が高いため豆乳のゲル形成能が阻害されて低下し、反応域や熱耐性に劣ることとなる。したがって、タンパク質の反発力や結合力が弱化し、凝集、凝固が緩慢となって、製品豆腐の食品物性が低下し、水分含有量が上昇する傾向が認められた。

なお、苦汁を含有する梅酢は、両者の中間の様相を呈し高配合区で良好な凝固能を示した。

配合凝固剤の適性を総合的に判断すれば、UY-1（梅酢8：ユズ2）、US-1（梅酢8：スダチ2）、UYS-5（梅酢8：ユズ1：スダチ1）およびUYS-1（梅酢6：ユズ3：スダチ1）は適性があった。

色調についてみると、凝固剤自体の色調が製品に移行し、とくに、UY-1、US-1は艶と光

沢があつて、仄かな淡紅紫色を呈し天然志向型として付加価値があると判定された。

配合凝固剤は、手造りもめん豆腐の大規模機械法による大量生産における凝固剤として適性があると考えられた。

なお、製造時の作業性や輸送耐性面での食品物性の強化改良策として、食味性を厳守した製造条件、凝固剤の配合・添加率および各配合区でのpHや加熱温度・時間における凝固能については詳細な検討が必要であると考えた。

## 文 献

- 1) 田尻尚士：日食工誌、40,814 (1993)
- 2) 吉田 誠：大豆タンパク質の凝固特性と豆乳加工適性（デイリーフード春期増刊、大豆と技術）、（デイリーフード、大阪）、134、34(1992)
- 3) 加藤博通・檜作 進・丹海 成・鬼頭 誠・山内文男・小倉長雄・中村敏郎：新農産物利用学（朝倉書店、東京）、116(1987)
- 4) KINSELLA, J. E.: Functional properties of protein in foods, A Survey, C.R.C, Crit. Rev. Food Sci. Nu-rt., 7, 219 (1976)
- 5) SHIMADA, K. et S. MATSUSHITA.: Effect of Salts and denarants on thermo coagulation of proteins. J. Agric. Food Chem., 29, 15 (1981)
- 6) 中山 修・寺町ヤヨイ・渡辺篤二：日食工誌、12, 81 (1965)
- 7) 渡辺篤二・斎尾恭子：化学と生物、11, 631 (1973)
- 8) FUKUSHIMA, D.: Cereal Chem., 46, 156 (1969)
- 9) 山内文男・大久保一良：大豆の科学（食品科学シリーズ）、（朝倉書店、東京）、162 (1992)
- 10) SAIO, K. et WATANABE, T.: Defferences in fancial properties of 7S and 11S soybean proteins. J. Texture Studies., 9, 135 (1978)
- 11) CHOU, D. H. etc. V. MORR.: Protein-Water in teraction and functional properties. J. Am. Oil Chem. Soc., 56, 53A-62-A (1979)
- 12) T. TORIKATA, J. ISHIHARA and T. YANO.,: Agric Biol. Chem., 51, 707 (1987)
- 13) HUTTON, C. W and CAMPBELL, A. M.:

*J.Food Sci.*,42,454 (1977)

- 14) 小野伴忠：豆乳中成分の存在形態と豆腐ゲル形成について (デリーフード、大阪)、134,31(1992)
- 15) 鎌田栄基・片山 修：食品の色(改訂5版)、(光琳全書、東京) ,18(1988)

## 要 旨

大規模機械法の大量生産下でのもめん (普通) 豆腐製造につき、消費者間で要望の強い天然凝固剤による従来の手造り豆腐と同様の、ソフトな舌触りと喉越し感を有する豆腐の製造を試みた。天然志向型凝固剤としては、柑橘生鮮果汁のユズ、スダチおよび有機酸と苦汁を含む梅酢を用い、それらを多様に配合した配合凝固剤を用い、製品歩留り率、凝固速度、食品物性、水分含有量、pHおよび色調などからそれらの適性を検討した。

手造り豆腐に多用される苦汁や大規模機械法の大量生産下で多用される  $\text{CaSO}_4$ 、GDL(Glucono- $\theta$ -lactone)では、反応域が広く、熱耐性に富み、分解時にCa,Na,Mgイオンを放出してpHを低下させるので、ダイズタン

パク質の反発力や結合架橋の構築を促進し、豆乳の凝集、凝固を敏速かつ強固とする。したがって製品豆腐の食品物性は上昇し、水分含有量が低下し強固な豆腐となる。

配合凝固剤は、強酸でイオン強度が高いために豆乳のゲル形成が阻害され、反応域や熱耐性に劣ることから、タンパク質の反発力や結合力が弱められ、凝集、凝固が緩慢となることから、製品豆腐の食品物性は低下し、水分含有量が高くなった。

配合凝固剤の適性を品質面より判断すれば、梅酢高配合 (60~80%)の凝固剤は適性が認められ、手造り様の舌触りと喉越し感を呈する豆腐が製造された。

色調についてみると、梅酢高配合区では僅かに梅酢特有の淡紅紫色を呈し、ユズ、スダチ高配合区では淡乳黄色となり、天然志向型豆腐として付加価値があると判定された。

柑橘生鮮果汁配合凝固剤は、手造り豆腐様製品を大規模機械法によって大量生産する場合の天然志向型凝固剤として適性をもつものと考えられた。

なお、配合割合や添加量および製造処理条件については、さらに詳細な検討が必要である。