味噌濃厚けんだく液の粘性について*

伊 東 清 枝**

Studies on the Viscosity of the Concentrated Miso Suspension

KIYOE ITO

Miso (fermented soybean paste) is often used as seasoning in the form of concentrated suspension. The author investigated on the viscosity of the Miso suspension from the viewpoint of cooking science. The results obtained are summarized as follows.

1. Viscosimetric properties of various Miso samples were examined in relation to concentration and temperature.
2. The suspension of Mame-miso (Miso:water=100:90-100) showed the negative shear thixotropy. It seems that this condition of suspension might be in the range of viscous property from concentration dependency and hysteresis loop. It was furthermore thought that the component taking part in flow property might be proteinous nitrogen having solvation ability from the viscosimetric behaviors under several pH and temperature conditions.
3. In the case of Kome-miso suspension, adequate water content for the viscous property range might be 20-60% (Miso=100) in Shiro-miso and 20-70% in Sendai-miso. Discussion was also made on the influence of sugar on the viscosity.

(Received Apr, 19, 1974)

味噌の粘性に関する研究には製品製造上の報告¹⁾²⁾³⁾はあるが、調味料として使用する立場からの研究は見当らない。味噌は酢味噌などの粘調性の濃厚液の状態にしてしばしば用いられるので、舌ざわり、展性などの官能評価および混和、注入などの機械的処理の点から、レオロジー的特性を正確に把握したいと考えた。この場合のけんだく液はかきまぜると流動性が増してどろどろしたゾルとなり、放置すると直ちにゲルになるような性質を備えていることが必要である。従ってフォールスポデーの性質を持ったチキソトロピー塑性挙動を示すものと想定して、その粘稠特性を把握したいと考えた。けんだく液の粘性は濃度、温度、電解質などに関係し、極めて複雑な現象を示すが、まず、ヒステリシスループを測定し、フォールスポデーの性質を示す濃度範囲を確かめ、次いで構造の安定性について調べ、さらに粘稠特性の主要因となる成分について考察を加え、その裏付けの目的で水抽出液の粘性流動について調べたので報告する。

実験方法

1. 試料およびその調製法

市販の豆味噌(角久カクキュー)、仙台味噌(上仙)および白味噌(西京)のすり味噌ならびに市販のサラダクリーム、マヨネーズ(2種)、および蜂蜜を用いた。

けんだく液は所定の割合の水を加えて2分間攪拌し、そのまま、あるいは所定温度の恒温水槽中(±0.05℃)で10分間保温後、その温度で測定した。水抽出液は既報⁴⁾の通りに調製した。

2. 粘度測定

けんだく液はコンプレート型粘度計を用い、次のように算出した。

$$\eta = k \cdot 3M / 2\pi r^3 / \theta \text{ (poise)}$$

η : 粘度, k : 器械定数, M : w g l (w:荷重, g:980cm/sec², l:プーリーの中心からトラン

* 味噌の調味機能について(第9報)

** 東京学芸大学教育学部 (小金井市貫井北町 4-1-1)

Department of Home Economics Education, Faculty of Education, Tokyo Gakugei Daigaku, Koganei-shi, Tokyo.

ジスターまでの距離), r : コーンの半径, ω :
角速度, θ : コーンの角度 2° , 5° .

水抽出液はスコットプレヤーの細管粘度計を用いて既報⁴⁾の通りに行った。

実 験 結 果

1. 濃度と粘性流動

(1) 各種味噌

i) 濃度依存性

各種味噌に水を味噌の 125% まで添加して, けんだく液を調製し, けんだく液の水分量と見かけの粘度との関係を求めた。みかけの粘度はずり速度 12.98 sec^{-1} における 30°C の値である。結果は図 1 の通りである。

豆味噌の場合は添加水量の 90~125% の範囲が直線であった。仙台味噌は 20~70%, そして白味噌は 0~20, 20~60, 60~100% の範囲がそれぞれ直線を示した。

ii) 流動曲線

濃厚けんだく液の実用上適すると思われる濃度のものと, 用途の類似した数種類の食品の流動曲線を比較した。結果は図 2 の通りである。

蜂蜜以外はいずれも内部破壊のある非ニュートン流動曲線を示した。仙台味噌を除いては不完全復性の逆ずりチキソトロピー性のヒステリシスループ (以下 H ループと略す) であった。

豆味噌は 100%, 仙台味噌は 70%, そして白味噌は 30% 水添加けんだく液であるがいずれもマヨネーズソ

図 1 各種味噌けんだく液の水分と粘度の関係 (30°C)

添加水量%
A: 豆味噌 80~100
B: 仙台味噌 20~100
C: 白味噌 0~100

図 2 粘稠性食品の流動曲線 (30°C)

A: 豆味噌 100% 水添加けんだく液
B: 仙台味噌 70% 水添加けんだく液
C: 白味噌 20% 水添加けんだく液
S: サラダクリーム
M₁M₂: マヨネーズ
H: 蜂蜜

ース類と相似の曲線を示した。

なお, 白味噌の 20~60% の流動曲線はサラダクリームに極めて似た曲線を示した。仙台味噌の 20~60% の流動曲線は 70% の場合と異なり, 不完全回復性の H ループであった。また 20% の場合はマヨネーズの (2) に相当していた。

(2) 豆味噌

i) 濃度と流動曲線

適用濃度と流動曲線の関係を調べるために次の実験を行った。豆味噌けんだく液の濃度と粘性流動曲線との関係を 30°C におけるずり速度とずり応力による流動曲線より求め, H ループの占める面積を算出した。結果の一部は図 3 の通りである。

H ループの面積は水の 40~60% 添加の場合は約 40 cm^2 を占めるが, 90, 100, 125% の場合は 10 cm^2 前後で, 80% は約 13 cm^2 , 110% は約 23 cm^2 であった。流動曲線はいずれも非可逆的内部破壊のある不完全回復性現象を示した。粘性の H ループは濃度によってそれぞれ異なり, 20~60% の場合は上昇曲線と下降曲線の開きが大きく, 80% の場合は (b) に近い (c) に準ずる曲線であり, 90~110% 濃度の場合はほぼ相似の流動曲線であった。

図3 豆味噌けんだく液の濃度別流動曲線の比較 (30°C)

添加水量% a: 125 d: 40
b: 90 e: 20
c: 70

ii) 室素量と構造安定係数

味噌けんだく液に一定のずり速度を加えて、ずり応力が一定になるまでの時間と「 τ 」を求めて、構造安定係数 (以下Xと略す) を算出式⁵⁾

$$X = \varphi_{\infty} - \varphi / d\varphi / d(\tau)^2$$

を用いて計算した。X: 構造安定係数, φ : 流動度, φ_{∞} : 最大流動度, τ : 剪断応力。Xは構造の変化によって漸進的に変化した。経過30分におけるXを求め、各濃度とXの関係を全室素量とXの対数の関係におきかえて図示した。図4の通りである。

添加水量80~100%と100~125%の範囲において、それぞれ直線関係を示した。ただし任意の経過時間における各濃度の全室素量とlog Xの関係はいずれも80~100%の範囲のみ直線となった。室素とlog Xの直線関係をさらに検討する目的で次の実験を行った。

iii) pHと構造安定係数

100%水添加けんだく液に塩酸または水酸化ナトリウムを加えてpH3.6~6.4の範囲における流動曲線とXを求めた。結果は図5の通りである。log Xは酸添加によってpH4.90から次第に低下し、pH4.4を底として、pH4.25で急上昇し、再び低下を示した。一方アルカリ添加の場合にはpH5.11で最高となり、漸次減少した。流動曲線はpHによって異なり、図3のbとcのいずれかに分類され、pH2.2以下の場合にはcに属した。Hループの占める面積とXの関係は認められなかった。

2. 温度と粘性挙動

(1) 味噌けんだく液

i) 各種味噌の温度依存性

各種味噌の加熱による流動性について調べた。結果は図6の通りである。

豆味噌は60°Cで著しく粘度が低下し、くさびのある曲線となった。一方仙台味噌は50~60°Cに温度変化域

図4 豆味噌けんだく液の全室素量と構造安定係数の関係

X: ずり速度 12.98 (sec⁻¹), 30°Cの見かけの粘度 (poise) より算出

図5 豆味噌けんだく液のpHと構造安定係数の関係

X: ずり速度 12.98 (sec⁻¹), 30°Cの見かけの粘度 (poise) より算出

があると思われる線となり、白味噌は 40~70°C と 70~90°C が直線となった。

次に豆味噌の各温度における $\log X$ について図示した結果は図 7 の通りである。

温度上昇に伴って低下し、55°C において最低となり、次いで温度とともに 70°C まで上昇し、再び低下した。

図 6 各種味噌けんだく液粘度の温度依存性

A: 豆味噌 水 100% 添加液, B: 仙台味噌 水 20% 添加液, C: 白味噌

図 7 豆味噌けんだく液の加熱温度と構造安定係数の関係

X: ゼリ速度 $12.98 \text{ (sec}^{-1}\text{)}$ の見かけの粘度 (poise) より算出

ただし 80°C 以上の場合は 30 分保温後の 30°C 測定値より算出した。

ii) 加熱処理液の粘性

各種味噌を加熱処理後、30°C に冷却して測定した。結果は図 8 の通りである。

豆味噌は加熱によって粘度が低下し、55~60°C で減少し、65°C で増加して、再び減少を示した。白味噌は加熱によって粘度は増加の傾向を示し、60°C で著増し、65°C で減少して、再び増加した。仙台味噌は豆味噌の混合型とも思われる曲線を示した。

(2) 水抽出液の温度依存性

水 100% 添加けんだく液より抽出した液の粘度を調べ、粘度の対数と絶対温度の逆数との関係から見かけの流動活性化エネルギーを算出⁶⁾した。結果は図 9、表 1 の通りである。

各種味噌は特定の温度変化域を境として、勾配の異なる直線となった。いずれも前報⁶⁾の稀釈倍率の試料と比べて、活性化エネルギーは大きく、変化域は豆味噌以外はそれぞれ異なる結果を得た。

考 察

各味噌の粘度と水分の関係において、直線を示す濃度範囲は豆味噌では 90~125% と狭いのに対して、米味噌では比較的広範囲である。米味噌の直線範囲が広いのは米麴の混入によるものと考えられ、糖質の粘度への影響が推察される。図 2 における蜂蜜以外の各種食品の Hル

図 8 各種味噌けんだく液の温度による粘度変化 (30°C)

A 豆味噌 水 100% 添加液
B 仙台味噌 "
C 白味噌 "

図9 各種味噌水抽出液粘度の温度依存性

A 八丁味噌
B 仙台味噌
C 白味噌

表1 各種味噌水抽出液の流動活性化エネルギー

試料	温度域		変化温度 (°C)
	1 (ΔE Kcal/mol)	2 (ΔE Kcal/mol)	
豆味噌	11.3	10.0	55~60
仙台味噌	9.4	12.0	60~65
白味噌	10.6	9.3	50~55

濃度: 味噌と水 同重量

ープがフォールスポディーの性質を持ったチキソトロピー塑性挙動を示す食品の特性を示すものと考えれば、経験的に割り出した豆味噌100%, 仙台味噌70%, 白味噌30%の水添加けんだく液は、流動曲線の点からも適切な濃度であることが立証されたわけである。粘稠性を利用する食品の適用濃度と流動曲線との相関が成立すれば、実用上極めて広範囲に応用できるものと考えられる。

そのためには今後さらに詳細な検討を要するものと思われる。

以上のことについて、豆味噌を検討することによって考察したいと考えた。

豆味噌けんだく液の濃度範囲については分離水のない状態を想定して、添加水量を味噌の40~125%を選び実験を行った。分離液は80%までは認められなかったが、90~125%の場合には放置時間の経過に伴って、わずかに増加した。豆味噌けんだく液の濃度とHループの関係

は添加水量によって異なった。Hループの意味付けはむずかしいとされているが⁷⁾、本実験では次のように考えた。60%までの実験では試料がコンプレートの隙間からかなり多く逸失するので、Hループは逸失による影響が大きいものと考えた。しかし、添加水量が増加した場合には逸失量が極めてわずかであるところから、90~100%のHループはずり速度による構造の内部破壊と形成を意味するものと考え、剪断応力の下降はチキソトロピー挙動によるものと考えた。125%の場合には図3の(a)の示するように110%と同様の構造形成は見られなかった。

けんだく液に一定のずり速度を加えると剪断応力が時間の経過に伴って変化し、一定になるものはけんだく液の構造の破壊と破壊に伴う粒子の安定化によるもので、その構造形成の主要因をなすものにタンパク態窒素の関連があると考え、窒素量とXの関係を求めた。結果は80~100%と100~125%の間に相関が認められたので、タンパク態窒素が構造形成に関与するものと考えた。しかし二つの濃度範囲におけるタンパク態窒素の状態は異なるのであろう。このことはHループの形およびその占める面積の相違する点からも考えられる。80%の場合のHループは(c)に準ずるものであるが、30分間のずり速度により流動的性質に変化を生じ、90~100%の場合に準ずる構造に形成されたのであろう。一方110%の場合は90~100%と相似のHループを示すが、30分間のずり速度が加えられて流動的性質に変化を生じたものと解せられる。90~100%水添加けんだく液の場合はタンパク質およびペプチドなどの溶媒和による不動態および粒子間の二次的結合力による安定な網目構造の形成に適しているであろう。pHと流動性の関係においてはXとHループの面積との相関はなかった。しかし酸添加の場合にXの最も高いpH4.24と、酸添加によるXの減少中にやや高い値を示したpH4.65はいずれも水抽出タンパク質の電荷の0となるpH⁹⁾に極めて近い値である。従って構造上に変化がおこることが予想される。一方Xの最も低いpH4.4では酸添加によって状態変化中のタンパク質がさらに等電沈殿前の極めて不安定な構造状態となったことを示すのであろう。実用上用いられる酢味噌のpHは4.4~4.5であるが、酢酸の他に糖類を加えるから、糖類の粘度への影響は高濃度における白味噌の粘性のように考えられるので単純には推論できない。アルカリ添加の場合はpH5.11をピークとして添加量の増加によってXは低下の傾向を示した。豆味噌の場合実用上適用されるpHは5前後であるが味噌けんだく

く液の構造上からさらに検討を加えたい。

図4に示されたXは30分間経過時の値であるが、けんだく液の安定性はXの高低で判断するのではなく、むしろXの最高値と最低値との差の少ない場合を考える方が妥当のように思われる。今後この問題および実用上用いられる粘稠性食品のXについて、さらに検討する予定である。pHの面からも豆味噌けんだく液の構造形成にはタンパク態窒素が関与することが認められた。

なお豆味噌けんだく液を検討した結果から90~100%の濃度範囲においてはHループ、窒素量とXの関係から、それぞれ相関があるので、本実験の90~100%におけるコンプレート型粘度計の測定値は有用であると考えた。従って、他の味噌の場合、試料の逸失量のわずかな結果についても同様に考えた。

以上の結果から各種味噌については次のよう考察した。豆味噌の場合図1において直線を示した濃度の90~125%中、流動曲線が同型で、しかも全窒素量とlog Xが直線である90~100%が同挙動を示す範囲で粘稠特性があると考えた。

構造に関与する主因物質がタンパク態窒素であると考えられる豆味噌と白味噌および仙台味噌とは同様に考えられないかも知れないが図1において直線を示し、しかも流動曲線が図3の(b)に準じているので、一応白味噌では20~60%、仙台味噌では20~70%が粘稠特性範囲と考えられ、糖質の粘性への影響が推察される。なお実際上では添加物の影響があるので多少異なるであろう。

加熱による粘性挙動を検討した結果、けんだく液、水抽出液共に温度依存性が認められた。

豆味噌けんだく液の場合、60°Cの粘度が著しく低下した。60°Cと65°CのHループが図2の(c)に準ずる交錯曲線を示すのは、加熱による構造変化を意味するものと考えた。他の温度におけるHループは図3の(b)に相当するものであった。加熱温度とlog Xの関係においては55°Cが不安定であり、加熱冷却した場合の粘度低下も55°Cであり、また水抽出液の変化温度域も55~60°Cであった。しかも水抽出タンパク質の変化温度が54°C⁶⁾であることから、豆味噌の粘性はタンパク質が関与していると考えた。なお水抽出液の場合はアンドレードの式が実証され、見かけの流動活性化エネルギーが低濃度の場合⁴⁾よりわずかに高く、濃度に比例して増加する希釈領域に属する⁸⁾のであろう。また増加ΔEが1.1 kcal/molと少ないのは構成分子が低濃度と同様に小さ

い⁸⁾⁹⁾ことを意味している。白味噌の変化温度域は水抽出液の場合、50~55°Cであったが、低濃度の場合より5°C低い。これは添加水量が少ないため、デキストリン、デンプンが溶出しにくく、その影響がないためであろうか、図8の温度による粘度変化では各種味噌の特徴が示されているように思われる。タンパク質を多く含む豆味噌では55~60°Cにおいて粘度が低下し、糖質を多く含む白味噌では60°Cで高粘度となり、65°Cで低下して上昇する。仙台味噌が白味噌と異なるところは、55°Cで低下を示すところで55°Cの低下はタンパク質、60°Cの上昇は糖質の影響が考えられる。加熱による流動曲線は白味噌では温度に関係なく図3の(b)に準ずるが、仙台味噌は55~60°Cが交錯した。

味噌けんだく液の構造形成の問題は流動曲線が濃度、温度およびpHによって明らかに変形することから、流動曲線の形の面からも総合的に判断できるように思われる。

要 約

(1) 各種味噌の粘稠特性を濃度および温度の関連において検討した。

(2) 豆味噌けんだく液は90~100%の濃度において逆ずりチキソトロピー性を示し、濃度依存性、ヒステリシスループなどの点から粘稠特性範囲であると考えた。また流動性に関与する物質は、濃度と温度の影響があり、ヒステリシスループを描き、非線型性の下限の存在⁶⁾、そしてpH条件における粘性挙動から、短小なタンパク態窒素の不規則的集合体であると考えた。

(3) 米味噌けんだく液では白味噌は20~60%、仙台味噌は20~70%が粘稠性適用範囲と考えた。

文 献

- 1) 伊藤 寛・海老根英雄：食研報告，No. 18，43 (1964)。
- 2) 船越寿郎・金丸敏彦：味噌技術，155，9 (1967)。
- 3) 緒方幹男：味噌の科学と技術，184，20 (1969)。
- 4) 伊東清枝：栄養と食糧，25，667 (1972)。
- 5) MARKUS, REINER., 山田嘉昭・柳澤延房訳：レオロジーの基礎理論，(コロナ社)，295 (1969)。
- 6) 伊東清枝：栄養と食糧，25，671 (1972)。
- 7) Davis SS.: *J. Tex. Studies*, 4, 15 (1973)。
- 8) NISIO, HIRAI: *J. Polymer Sci.*, 39, 435 (1959)。
- 9) 伊東清枝：栄養と食糧 23, 205 (1970)。

(昭和49年4月19日受理)