
 総

 説

凍 豆 腐

田 村 正 紀*

(1) 概 要

① 歴 史

凍豆腐は一般に日本独特の食品と思われているが、凍豆腐の起源と考えられる「一夜氷」は、現在も中国の東北三省（遼寧省、吉林省、黒龍江省）で一般的に食べられているので、その原形は中国から伝播したのかもしれない。

宮下氏の「凍豆腐」の歴史によれば、鎌倉時代に高野山の覚海尊者が豆腐を一夜冬の寒気で凍らせ、これを「氷豆腐」として弟子に伝えたという言い伝えがあり、さらに16世紀末に高野山の木食上人がこの「一夜氷」を発展させて現在の凍豆腐に近い製品を創り出したと言われている¹⁾。

この高野式製法では、夜の寒気で凍らせた豆腐を日陰の寒い所で凍ったまま数日間保存し、その後脱水し火力で乾燥して仕上げた。そしてこの豆腐は高野豆腐と呼ばれ、高野山信仰の厚い関西一帯に広まり、江戸時代には関西では重要な乾物商品の一つとなった。

一方信州や東北地方では、豆腐を薄く切ってわらで編み軒先につるして、夜は寒気で凍らせ日中は日光に当てて融かす、凍結と融解をくり返すことによって、凍結変性と乾燥を同時に行って作る「凍（しみ）豆腐」が農家の冬の保存食として発達した。戦国時代には、武田信玄がこれを兵食として利用した記録が残っている。

このように凍豆腐は、歴史的には高野豆腐と凍（しみ）豆腐の2系統があったが、戦後凍豆腐組合がこの2つを統一する呼名として凍（こおり）豆腐という名称を作った。現在の工業製品は、製法的には高野式製法を工業化したものであり、本来高野豆腐である。凍（しみ）豆腐の方は、現在では信州の浅科や宮城県岩出山周辺でおみやげ用や自家用に少量作られているにすぎない。

高野豆腐は明治時代に入ると、天然凍結から冷凍機を利用する人工凍結へと技術革新が進み周年生産が可能になった。昭和初期には、アンモニアガスを吸着させて高野豆腐を軟らかくする膨軟加工法が開発され、口当りの良い軟らかい製品が生産されるようになり、高野豆腐の需要はさらに拡大した。しかしこのアンモニア加工法には、アンモニアの揮散による経時変化、脂肪の酸化による褐変、アンモニアを抜くための湯戻しの必要性等の欠点があったが、昭和47年に新しく重曹によって軟らかくするかん水加工法が開発され、商品の安定性と料理の簡便性は著しく向上した。現在の工業製品はすべてかん水加工の製品である。

② 生産と市場の状況

凍豆腐の市場規模は、メーカー出荷金額で120億円前後と推定され、年間生産量は約14,000トン、使用される原料大豆は28,000トン前後である。この生産量は年ごとの多少の変動はあるものの、この20年間横ばいで極めて安定した市場である。

凍豆腐の消費量を国民1人当りに換算すると、平均年間110～120g（約7切）である。しかしその消費量は地域によって非常に異なっており、第1表に示すように、近畿で49%、これに中国、四国、九州を加えた西日本で約70%が消費されている。一方人口で25%を占める首都圏の消費量は10%にすぎない。

また商品を大きく分けると一般市販用と業務用に分けられるが、現在一般市販用が70%、業務用が30%である。一般市販用の商品は、一切の大きさが7.5×5.8×2cmで、重さ17gの凍豆腐が5切又は10切、紙カートンに包装されたものが主流であるが、最近はポリ包装の徳用品が増えている。また最近の簡便化志向に対応して、含め煮用の調味料を添付した商品や、玉子とじ用商品など各種開発され消費がのびている。

現在全国凍豆腐工業協同組合連合会に加盟しているメ

* 旭松食品（株）

凍 豆 腐

第1表. 凍豆腐の地域別消費数量(昭和60年)

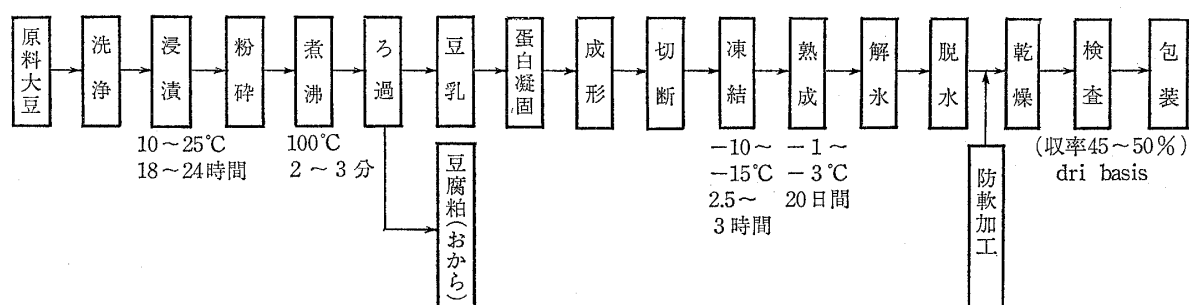
ブロック別	消費比率	切数換算	人 口	1人当り	備 考
東北(北海道を含む)	% 16	万切 13,520	万人 1,520	切 8.9	人口は55年国勢調査 (沖縄を除く)
関 東	10	8,450	2,870	2.9	
甲 信 越	4	3,380	1,150	2.9	
東 海・北 陸	2	1,690	1,630	1.0	
近 畿	49	41,405	1,950	21.2	
中 国	8	6,760	760	8.9	
四 国	5	4,225	400	10.0	
九 州	6	5,070	1,330	3.9	
合 計	100	84,500	11,630	7.3	

(出所) 全国凍豆腐工業協同組合連合会

第2表. 凍豆腐の生産集中度

日刊経済通信社調(単位: トン)

年次 順位	1990 年			91 年			92 年		
	社 名	生産量	シェア	社 名	生産量	シェア	社 名	生産量	シェア
1 位	旭 松 食 品	6,000	47.2	旭 松 食 品	6,000	47.2	旭 松 食 品	6,400	47.4
2	みすゞ豆腐	2,600	20.5	みすゞ豆腐	2,600	20.5	みすゞコーポレーション	2,800	20.7
3	登喜和冷凍食品	1,900	15.0	登喜和冷凍食品	1,900	15.0	登 喜 和 冷 凍 食 品	1,100	15.6
4	羽二重豆腐	400	3.1	羽二重豆腐	400	3.1	羽 二 重 豆 腐	500	3.7
5	信濃雪豆腐	380	2.8	信濃雪豆腐	380	2.8	信 濃 雪 豆 腐	380	2.8
6	しなの食糧	300	2.4	しなの食糧	300	2.4	し な の 食 糧	320	2.4
6位計		11,580	91.0		11,580	91.0		12,500	92.6
合 計		12,700	100.0		12,700	100.0		13,500	100.0



第1図. 現在の凍豆腐製造工程図

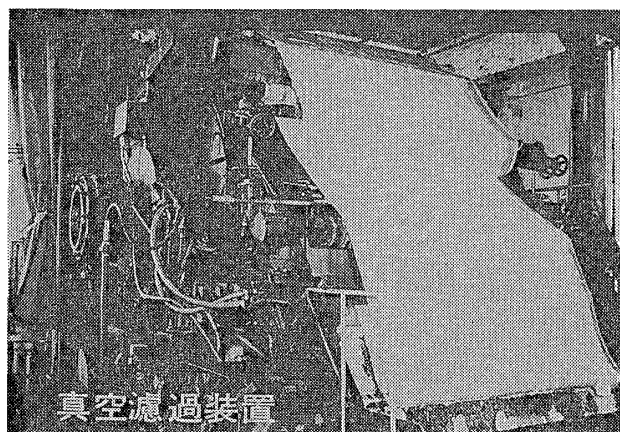
メーカー数は14社であるが、第2表に示すように、上位6社が長野県のメーカーであり、90%以上の製品が長野県で生産されている。特に上位3社のシェアが85%に達している寡占化された業界である。

(2) 凍豆腐の製造

① 製造工程

凍豆腐の代表的な製造工程を第1図に示す。原料大豆は石その他の異物を除去した後洗浄し、18~24時間浸漬する。浸漬した大豆に乾物に対して10~11倍の加水

量になるように水を加え磨砕する。磨砕物は100°Cで2~3時間煮沸した後、オリバー型フィルター(第2図)やその他のプレス脱水機によりおからを分離し豆乳を得る。豆乳の濃度は通常の豆腐より薄く6%前後である。豆乳はその温度が65~70°Cの間に、攪拌しながら凝固剤として塩化カルシウム溶液を、豆乳に対して0.02N前後になるまで加え、均一な凝固物の粒子をつくる。凝固剤として塩化カルシウムを使用するのは通常豆腐に使われる塩化マグネシウムや硫酸カルシウムより凝固した粒子の保水性が少なく、堅い豆腐を作るのに適している



第2図. 真空濾過装置



第3図. 自動切断機

からである。凝固した豆乳は型箱に入れ、圧搾脱水して大きな豆腐を作る。これを適当な大きさ (8×6×2cm) に切断し (第3図)、ベルトコンベアに乗せ 0°C 近くになるまで冷却した後、-12°C~-15°C で2~3時間かけて凍結する。凍結した豆腐は、母屋と呼ばれる -1°C~-3°C の熟成室で約 20 日間熟成する。この間に大豆蛋白質の凍結変性が進み、凍豆腐特有の海綿状組織が形成され、脱水及び乾燥が容易になる。

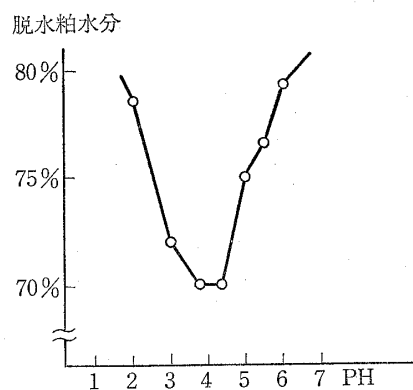
熟成終了後散水して解凍し、遠心脱水またはプレス脱水した後薄い重曹溶液をかけ再び脱水する。乾燥は最初 70°C 位の高温で行い、まず外側を急速に乾かして形をつくり、以後温度を下げ加湿しながらゆっくりと水分 7% 前後になるまで乾燥する。乾燥の終わった製品は検査して不良品を除き包装して商品となる。凍豆腐の製造における物質収支をみると、原料大豆 100 とすると、凍豆腐が 52、おからが 23 で残りの 25 が大豆中の可溶性成分で廃液として流失する。

② おからの処理

おからは使用した大豆とはほぼ同量生産されるので、凍豆腐業界では年間約 3 万トンのおからを副生していることになる。この量は豆腐、油揚げ業界のおからの生成量

に比べればはるかに少ないが、大豆使用量の多い大手メーカーに取っては、その処理の如何は収益にかなり影響する。凍豆腐のおからは従来乳牛用飼料として利用されてきたが、最近では水分が多いことから牛乳の脂肪含有率が低くなるということで嫌われるようになって需要が減り、一部は産業廃棄物として処理しなければならなくなった。このような状況から、飼料以外のおからの利用方法が多くの人々によって研究されている。長野県の凍豆腐組合でもおからの乾燥法の研究に取り組んできたが、おからは水分率が 82~85% と高く、しかも保水性が良いので乾燥コストがかかり、製品が高価になるので、それに見合う用途に限られ、未だ工業的規模で生産されるに到っていない。その他ダイエタリーファイバーとして健康食品への利用やうの花として食べられているが、多量のおからの処理にはやはり飼料やきのこ栽培の培地への利用が適している。この方面への用途を拡大するために、旭松食品(株)では安価な脱水法として酸による脱水法を実用化しているので、この技術を紹介する。

おからは保水性が強くそのまま圧搾脱水しても、水分 80% 以下に脱水することは困難である。しかしこのおからの保水力は、第4図に示すように pH に影響される。



第4図. 豆腐粕の pH と脱水性の関係

通常のおからは pH 6.5~7.0 付近で、このままでは脱水率は 82% までしか下がらない。おからは pH 3.5~4.5 で最も脱水率が良くなり水分 70% まで脱水できる。しかしそれ以下に pH を下げるとまた脱水率が悪くなってくる。このおからの pH と脱水率の関係は、大豆蛋白質の溶解度と pH の関係に一致しており、おからの中に含まれている蛋白質の酸による凝固が、おからの脱水率を良くする原因であると思われる。このように通常含水率 85% のおからの pH を 3.5~4.5 にしてロールプレスしてやれば、おからの水分は 70% まで下げられる。つまりおからの固形分は 15% から 30% になり、おからの重量は半分になる。固形分 30% のおからはパサパサしており、取扱いも容易になり作業性も向上する。

凍 豆 腐

またおからをそのままですると含まれている可溶性蛋白がロスするが、酸で処理すると蛋白質が沈澱するのでロスが防止できる。この酸脱水おからは pH が低いために袋ずめにしておけば、夏期でも 3 週間位保存することができる。脱水に使用する酸液は、豆腐を作る時に出る寄せ込み廃液（湯）をタンクに保存しておく、自然に乳酸発酵して冬期でも一晩で pH 4 以下に下がるので、これを利用している。この酸脱水おからは、えのき茸の栽培で米ぬかの替りに使用すると増収効果があり、またえのき茸が根元から純白になり商品価値が上がるということで、現在 1 日 10~15 トンの脱水おからがこの用途に使用されるようになった。また乳牛の飼料としても、水分が少ないことと牛の嗜好性が良いことで人気が出ている。

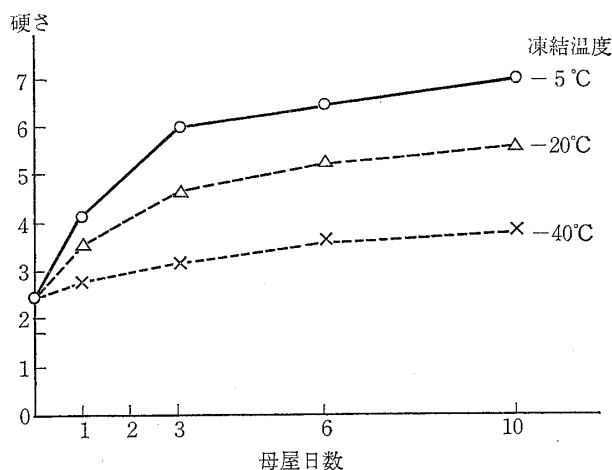
(3) 凍豆腐の科学

① 凍結変性のメカニズム

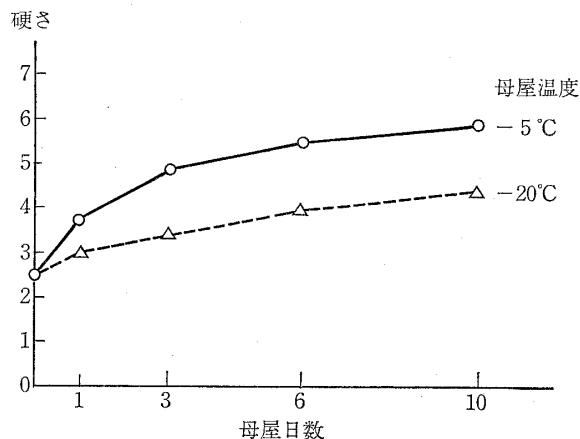
凍豆腐独特の海绵状の組織は、凍結した豆腐を -1°C ~ -3°C の母屋（もや）で 20 日間位保存する間に形成される。この大豆蛋白質の凍結による組織化を凍結変性（母屋変性）と呼んでいる。

豆腐を凍結する時の温度は、凍結変性の速度および凍豆腐の組織に大きな影響を与える。通常 -10°C ~ -15°C で 2~3 時間かけて凍結を行っているが、凍結温度が高く緩やかに凍結した場合は、豆腐の中にできる氷結晶が大きくなり、蛋白質の濃縮度が高まるために変性速度が速く、短時間で熟成が終了する。しかし氷結晶が大きいため組織が荒くなりごわごわした食感の凍豆腐になる。逆に凍結温度を低くして急速に凍結した場合は、氷結晶が小さすぎて蛋白質の濃縮が不十分になり、凍結変性の進行が遅れ熟成が長くなる。凍豆腐の組織は木目が細かくなるが、乾燥時に変形したり、一部が銚色に変色して角質化が起るなど、不良品の発生の原因となる。豆腐を -5°C 、 -20°C 、 -40°C で凍結した後、 -5°C で 10 日間保存した時の豆腐のハードネスの変化を第 5 図に示す。凍結温度が低いほどハードネスの上昇速度が遅く、 -40°C で凍結した場合は 10 日後に解凍しても組織はもとの豆腐状であり変化していない。また第 6 図に示すように、熟成する時の温度も変性速度に影響し、熟成温度が高いほど凍結変性は速く進む。

凍結変性は蛋白質の凍結による不溶化と組織化であるが、そのメカニズムについては、桜井ら²⁾や渡辺ら^{3~7)}によって研究されている。凍結変性は大豆蛋白質溶液の濃度と加熱条件（蛋白質の変性度）によって大きな影響を受ける。 100°C で 10 分間加熱した大豆蛋白質溶液を -20°C で一昼夜凍結した場合、5% の蛋白質濃度では



第 5 図. 凍結温度の母屋における凍結変性速度に与える影響

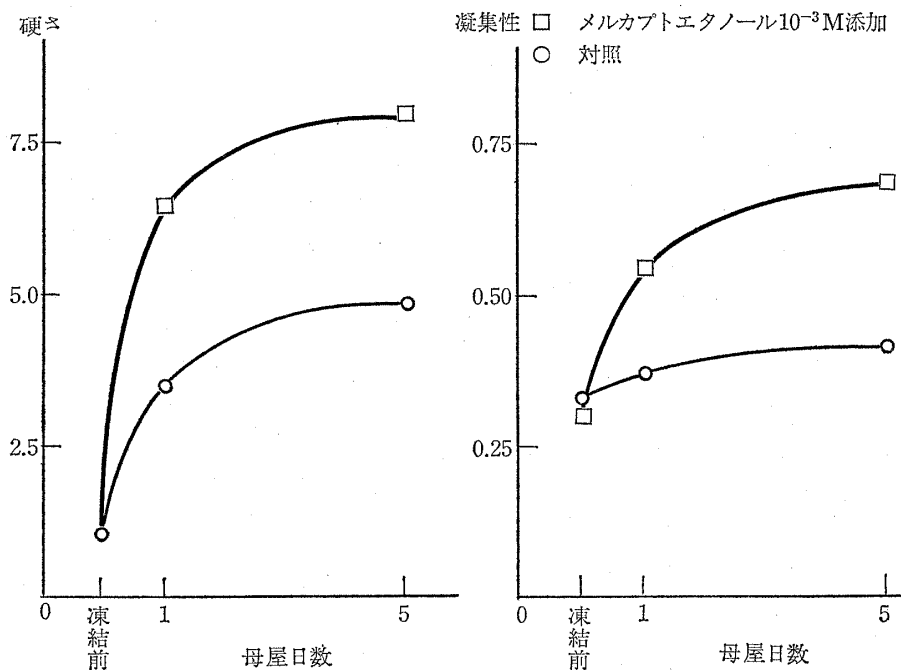


第 6 図. 母屋温度の凍結変性速度に与える影響

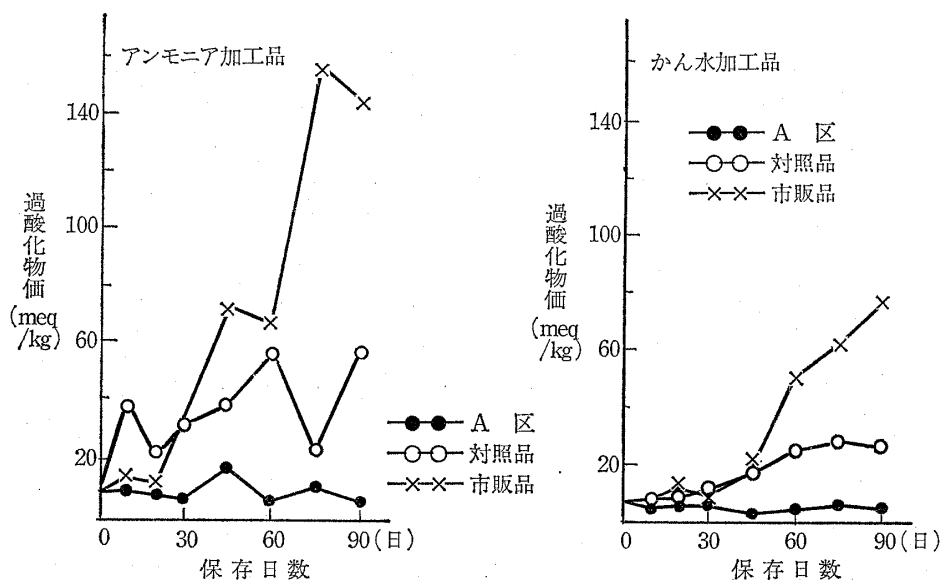
ほとんど不溶化が起らないが、7% 濃度では 40%，10% 濃度では 70% の蛋白質が不溶化する。また蛋白質溶液を加熱しない場合は、10% 濃度でも 16% の蛋白質しか不溶化しない³⁾。蛋白質溶液を 100°C で加熱する場合、凍結保存による蛋白質の不溶化率は達温から 3 分間まで高い値を示し、それ以後徐々に減少する。これは蛋白質中の測定できる SH 基の加熱による変化とよく関連している⁶⁾。

酸により沈澱させた大豆蛋白質を -20°C で凍結し、 -1°C ~ -3°C で 20 日間保存した後、①リン酸緩衝液 ($\mu=0.5$, pH 6.0), ②リン酸緩衝液+1.5M 尿素, ③リン酸緩衝液+0.01M メルカプトエタノール, ④リン酸緩衝液+1.5M 尿素+0.01M メルカプトエタノールを用いて溶解した場合、その溶解度はそれぞれ 30%, 35%, 45%, 90% であった。従って凍結変性による大豆蛋白質の不溶化には、水素結合と S-S 結合が関与していることが推定された^{2,5)}。

また豆乳中に 10^{-3}M のメルカプトエタノールを加えてから作った豆腐を -20°C で凍結し、 -5°C で 5 日間保存して、その間の硬さと凝集性の上昇速度を無添加の



第7図. 凍豆腐の母屋の効果に及ぼすメルカプトエタノールの影響



第8図. アンモニア加工品とかん水加工品の保存中における過酸化価の変化

場合と比較すると、第7図に示すように、メルカプトエタノールを加えた方が硬さや凝集性の上昇速度が著しく速いことがわかった。これはS-S基の還元剤であるメルカプトエタノールによって、蛋白質分子間のSH基、S-S基の交換反応が促進される結果によるものと思われる。

以上の実験から推定すると、凍結および母屋に冷蔵する間に起る海綿状組織の形成は、豆腐の凍結によって豆腐の中に多くの小さい氷結晶が生成し、熟成中にこの氷結晶が生長してまわりから水分を奪い蛋白質が濃縮される。次いで濃縮された蛋白質の分子間に、S-S交換反応

が起り分子間S-S結合が形成される。さらに一部は水素結合や疎水結合も関与して蛋白分子の会合が起り、しっかりした網目状構造が形成されるものと思われる。凍豆腐の中にある無数の小さい穴は氷結晶の融けたあとである。

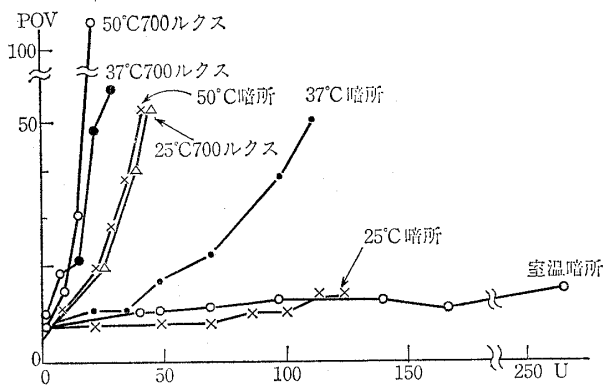
② 凍豆腐の保存性

凍豆腐は脂肪を35%位含有しており、しかも多孔質の海綿状構造をしているために脂肪が酸化されやすい。特にアンモニア加工の場合はアルカリ性が強いために脂肪の酸化が速く、さらに脂肪の酸化物とアンモニアが反応して褐変が生じやすい⁸⁾。これに対してかん水加工で

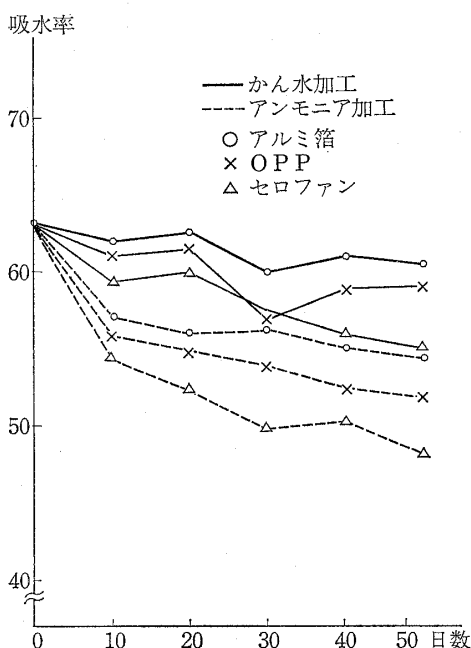
凍 豆 腐

は pH が 7.5 位で微アルカリ性であり、共存するリン酸塩による酸化防止効果もあって酸化はアンモニア加工ほど速くはない。第 8 図に、アンモニア加工品とかん水加工品を、ガスバリア性の低い包材（セロファン）で包装したもの（市販品）、ガスバリア性の高い包材（KOP/P.E）で包装したもの（対照品）及びそれに脱酸素剤を入れたもの（A 区）を常温で 3 ヶ月保存した時の過酸化物質価の変化を示す⁹⁾。かん水加工品に比べてアンモニア加工品の方が過酸化物質価の上昇がかなり速いことがわかる。またガスバリア性の高い包材を使用すれば酸化はかなり抑えられ、さらにそれに脱酸素剤を併用すれば酸化を完全に抑えることができる。

また凍豆腐の酸化は温度と光の影響を大きく受ける。第 9 図に、かん水加工の市販品を温度 25°C、37°C、50°C でそれぞれ暗所と明所（700 ルックスの蛍光灯）で保存した時の過酸化物質価の変化を示す¹⁰⁾。図で明らかなよ



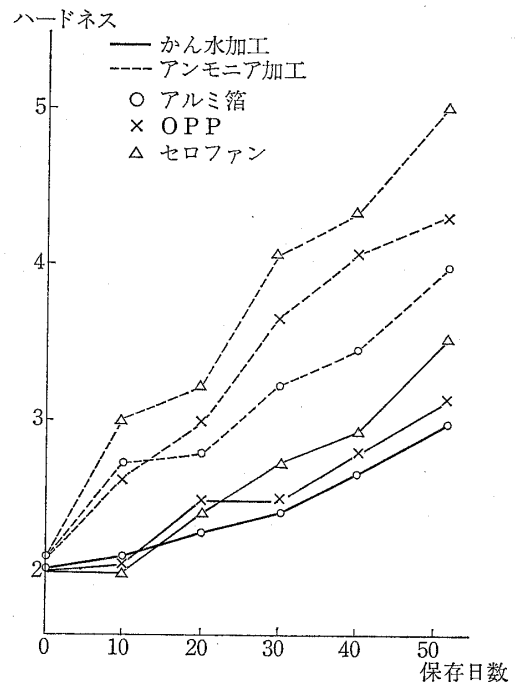
第 9 図. 凍豆腐の酸化に対する温度と光の影響



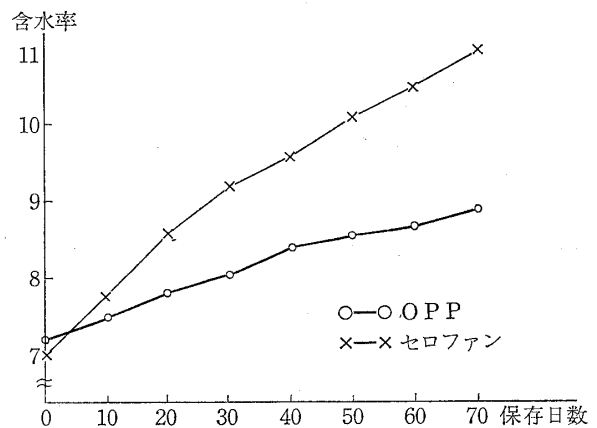
第 10 図. 保存中の凍豆腐の吸水率の変化

うに高温と光は酸化を著しく促進する。特に光は影響が大きく、25°C でも明所では 40 日で過酸化物質価が 50 を越える。しかし暗所では非常に安定で室温 250 日でもほとんど過酸化物質価は上昇していない。従ってカートン包装品は良いが、ポリ袋包装では印刷によってできるだけ遮光しなければ酸化による劣化が起るので注意を要する。

次に凍豆腐の保存中の劣化として、吸水率の低下とハードネスの上昇があるが、これは包材の防湿性が関係している。第 10 図と第 11 図に、アンモニア加工品とかん水加工品をセロファン（ポリマー型）、二軸延伸ポリプロピレン（OPP）およびアルミ箔で包装し、40°C で保存した時の吸水率の変化とハードネスの変化を示す。第 10 図に示すように、凍豆腐の吸水率は保存中に徐々に低下するが、かん水加工の方がアンモニア加工より低下の度合いが少ない。また包材ではアルミ箔が低下が最も



第 11 図. 保存中の凍豆腐のハードネスの変化



第 12 図. 保存中の凍豆腐の水分率の変化

少なく、次いで OPP, セロファン の順で、包材の防湿性の高い順になっている。第 11 図に示すように、凍豆腐のハードネスは保存中にかなり上昇し、特にアンモニア加工品では上昇の度合いが大きい。包材については吸水率と同様に、アルミ箔が最も変化が少なく、次いで OPP, セロファン の順である。アンモニア加工品の OPP とセロファン包装では 30 日目からカビの発生が見られ、50 日目ではすべての包材で褐変が見られた。

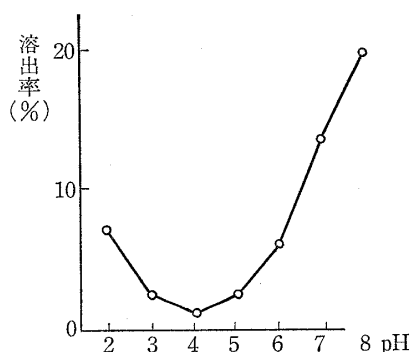
第 12 図に、OPP とセロファンにかん水加工品を包装し、20°C、相対湿度 90% の条件で保存した時の凍豆腐の水分率の変化を示す。OPP では 70 日でカビのはえる危険性のある水分 9% 近くになるが、セロファンでは保存 30 日で水分 9% を越えてしまう。

以上の結果が示すように、かん水加工した現在の凍豆腐は、暗所では酸化に対して比較的安定であるので、包材のガスバリア性についてはそれほど問題にしないでよい。しかし防湿性については、吸水率の低下やハードネスの上昇を抑え、カビの発生を防止するために、防湿性の高い包材を使用する必要がある。

③ 調理の科学¹¹⁾

凍豆腐料理の良さは、だし汁のしみ込んだ軟かい海绵状の凍豆腐を噛みしめる時の食感にあると思う。従って凍豆腐を調理する時の一番のポイントは、煮くずれさせず見た目に良い形状を保ちながら、いかに軟らかく炊き上げるかにある。何も加工していない凍豆腐は調理しても硬く、噛みしめるときしぎしするような食感を与える。これを軟らかくするためにアンモニアや重曹等による膨軟加工を行う。アルカリにより凍豆腐が軟らかくなるメカニズムは、アルカリ性で加熱することにより不溶化した蛋白質の一部が溶解し、網目状構造を作っている格子がゆるみ、吸水膨潤して軟らかくなるものと思われる。

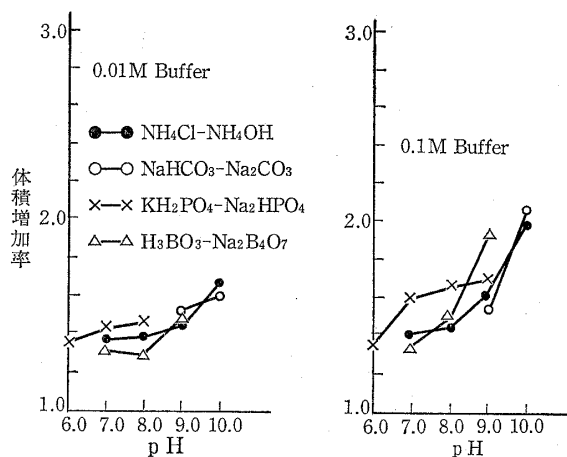
無加工の凍豆腐粉末 5g を 100 ml の pH2~8 の 0.05 M 緩衝液で 10 分間煮沸した時の蛋白質の溶出率を第 13 図に示す。凍豆腐の蛋白質の溶出率と pH の関係は、未



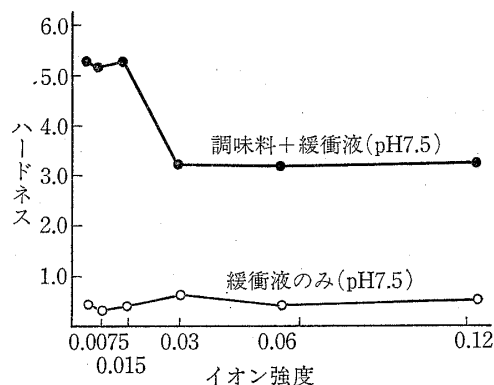
第 13 図. pH と凍豆腐蛋白質の溶出率の関係

変性的大豆蛋白質の溶解度と pH の関係とほとんど同じである。pH4.0 で溶出率が最低になり、アルカリ性が強くなるほど溶出率は増加するが、あまり溶出率が大きいと煮くずれるし、また風味も悪くなるので、通常膨軟加工は pH7.0~8.0 の微アルカリで行う。

次に凍豆腐を 50°C の pH6~10 の各種の緩衝液で湯戻しを行った時の、凍豆腐の体積の増加率を第 14 図に示す¹²⁾。凍豆腐を湯戻しする時の体積の増加は pH が増すと大きくなるが、0.01 M の緩衝液と 0.1 M の緩衝液とを比較すると、0.1 M の緩衝液の方が体積の増加率がずっと大きいので塩濃度も体積増加率に影響するものと思われる。



第 14 図. 凍豆腐を湯戻しする時の pH と体積増加率の関係



第 15 図. 凍豆腐を各種のイオン強度の緩衝液 (pH7.5) 及び緩衝液+調味料で炊いた時の軟らかさ

第 15 図に、イオン強度を変えた pH7.5 の緩衝液単独と緩衝液に適当な味付けになるように砂糖、正油及び食塩を加えた調味液で凍豆腐を 10 分間炊いた時の凍豆腐のハードネスを示す。pH7.5 の緩衝液単独で凍豆腐を炊いた時は、ハードネスが 1 以下になり凍豆腐は煮くずれる。しかし緩衝液に調味料を加えた液で炊いた時は、緩衝液のイオン強度が 0.03 より小さくなるとハードネ

凍豆腐

スが5以上になり口当たりが硬く感じるが、イオン強度が0.03以上ではハードネスが3.2前後で丁度良い軟らかさになる。この硬さはイオン強度が増加してもほとんど変わらない。この実験結果は、調理した時にpHが7.5前後になり、イオン強度が0.03以上になるように凍豆腐に適切な緩衝能を持つ物質を加えれば、調理した時に適当な軟らかさにすることができることを示している。実際は緩衝能を持つ物質として重曹を使用し、適当な濃度の重曹溶液を凍豆腐に散布した後乾燥することが行われている。

以上が現在の凍豆腐が誰にでも簡単に調理できるようになった科学的背景である。ただ凍豆腐を調理する時に注意しなければならないことは、調味料を加えずに水炊きすると第15図に示すように煮くずれてしまうことである。また酢の物に凍豆腐を使うと、pHの低下により凍豆腐がしまって硬くなりぼそぼそしたテクスチャーになってしまう。

(4) 凍豆腐のコレステロール低下作用

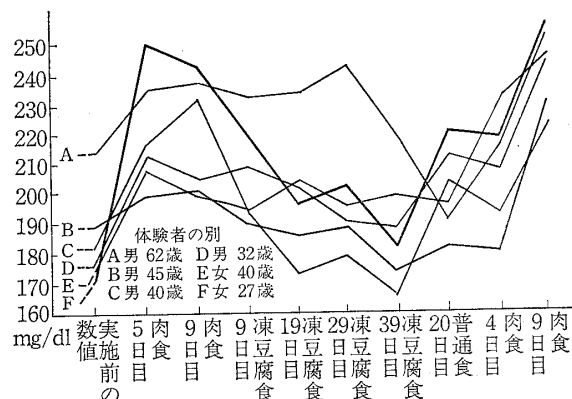
戦後わずか50年の間に、我々日本人の食生活は急速な変化を遂げ、その結果として平均寿命の延長にともない高齢化社会を迎える一方、疾病構造も急性伝染病をはじめとする感染性疾患から、成人病のような慢性疾患へと大きく変化した。成人病の原因の一つである動脈硬化は高脂血症や高コレステロール血症によって引き起こされるが、かつて欧米に比べて血中コレステロール濃度の低かった日本人も、現在では若年層については日米間で大きな差がないことが報告され¹³⁾、わが国でも小児期か

ら食生活を中心とした動脈硬化の予防対策を講じなければならないことが唱えられている。

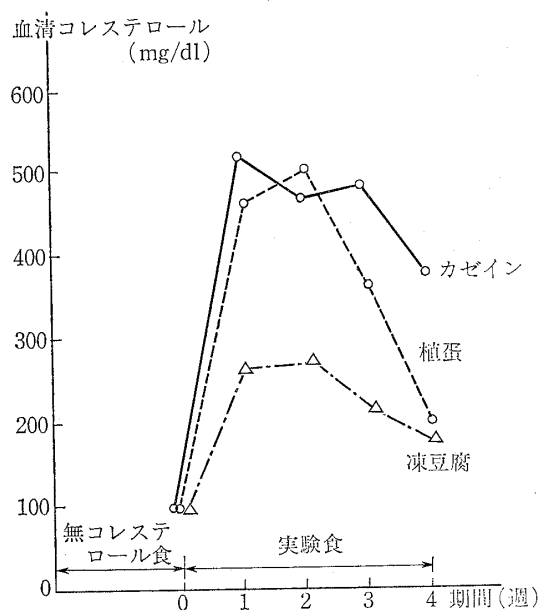
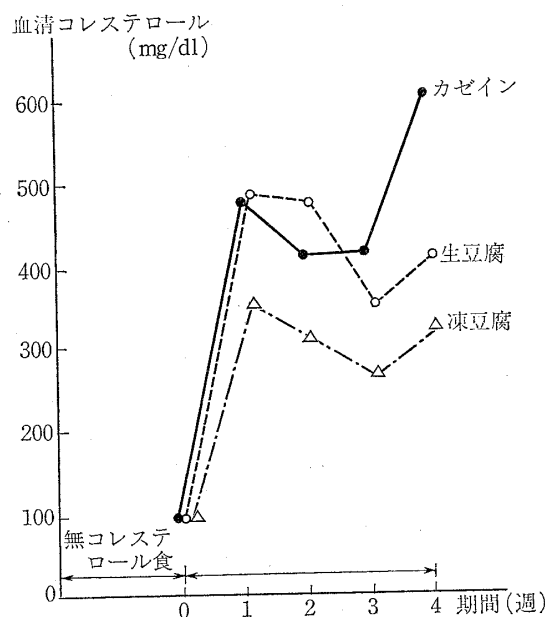
大豆の中には血中のコレステロール値を改善する成分として、大豆蛋白、食物繊維、リノール酸、フィトステロール、ビタミンE、大豆レシチン等が存在しており、大豆を常食とする食文化を持った国々には心筋梗塞や脳梗塞のような血栓症は少ないといわれている。

凍豆腐についても強い血漿コレステロールの低下作用があり、その作用は主にフィトステロールによるものであるという報告がある¹⁴⁾。昭和51年に全国凍豆腐工業協同組合が徳島大学の福井教授に委託し、凍豆腐摂取の人体に対する影響を調べている¹⁵⁾。結果は第16図に示す通り、全期間にわたり一定量のコレステロールを摂取しているにもかかわらず、肉食期に比べて凍豆腐食期には血中コレステロールが有意に低下している。

また凍結変性した凍豆腐の蛋白質と他の製造法からな



第16図. 凍豆腐食体験中の被験者の血清中総コレステロール値の変動



第17図. 大豆蛋白質飼料のラット血清コレステロールレベルに与える影響

る大豆食品中の蛋白質をラットに与え、カゼインを対照にしてそれらのコレステロール低下作用を比較した¹⁶⁾。

実験は4週齢の雄ウイスター系ラットに、対照として動物性蛋白質であるカゼインを用い、分離大豆蛋白、乾燥脱脂した豆腐および凍豆腐を蛋白源(20%)とする高コレステロール食を4週間投与し、その間の血清コレステロールの量を調べた。結果は第17図に示す。このグラフから明らかなように、植蛋、豆腐の蛋白質ではコレステロール低下作用が出るのは3週間以降であるのに対して、凍豆腐の蛋白質では1週間目からコレステロールの抑制効果が出ている。この原因については現在のところ明らかでなく研究中であるが、糞中に排泄されるコレステロールの量はいずれの蛋白質でも差がないので、単なるコレステロールの吸収阻害でなく、体内でのコレステロールの代謝に影響を及ぼす物質(ペプチド)が凍豆腐の消化物の中に多いことが考えられる。

凍豆腐は中国から伝わった豆腐をもとに、室町時代に高野山で生れた日本独特の食品であるが、豆腐を凍結変性させることによりコレステロール低下作用が強まることを考えると、先人がたくましくして作った機能性食品の一つと考える。

文 献

- 1) 宮下 章: 凍豆腐の歴史, 全国凍豆腐組合連合会編, 1962
- 2) Sakurai, Y.: *Fundamental investigation of evaluation of United States Soybean and processing conditions for manufacture of dried* *tofu, to increase the use of United States Soybean in Japan and other countries.* Aug. 1969
- 3) 渡辺篤二, 中山 修, 岩崎典子: 日本食品工業学会誌, 10 (5), 163 (1963)
- 4) 渡辺篤二, 深町千晴, 阿部和可: 日本食品工業学会誌, 10 (5), 167 (1963)
- 5) 橋詰和宗, 北進一郎, 渡辺篤二: 日本食品工業学会誌, 16 (1), 10 (1969)
- 6) 橋詰和宗, 中村則子, 渡辺篤二: 日本食品工業学会誌, 21 (4), 141 (1974)
- 7) 橋詰和宗, 岩根隆生, 渡辺篤二: 日本食品工業学会誌, 21 (4), 146 (1974)
- 8) 本間清一, 桜井芳人: 日本農芸化学会誌, 44, 44 (1967)
- 9) 斉藤実, 上野順士: 食品工業, 23 (14), 58 (1980)
- 10) 小幡昭夫: 食品衛生研究, 30 (1), 44 (1980)
- 11) 田村正紀: 調理科学, 18 (3), 142 (1985)
- 12) 藤巻正生, 五十嵐脩, 浅野克彦: 日本食品工業学会誌, 16 (12), 549 (1969)
- 13) 矢野敦夫: 生活衛生, 28, 66 (1984)
- 14) 道喜美代, 江沢郁子: 栄養と食糧, 18 (3), 200 (1965)
- 15) 福井忠孝, 三好保他: 凍豆腐摂取が人体諸機能に及ぼす影響 長野県凍豆腐工業協同組合編, 1976
- 16) 加藤清司, 田村正紀, 小西洋太郎, 中谷延二: 日本農芸化学会誌, 講演要旨集, 64 (3), 278 (1990)