

## 食品の水和

右田正男

この一篇は、かつて興味をもっていた食品中の水の役割といったことを、一昔前の智識ながら、温故知新の一助にもと、まとめたものである。

### 食品中の水の状態

水は食品の最も一般的な成分の一つであって、油の類には水を含まないものもあるが、純粋な結晶性の砂糖や食塩も微量ではあるが水をもっている。ただしこれは保蔵中の吸湿によるものであろう。紅茶、緑茶、ココア、粉乳、乾燥卵など、乾燥食品といわれるものには、普通数%から10%程度の水が含まれているが、その水は、乾燥食品の品質保持に重要な役割を果している。また肉類や煮炊きした穀類、豆類には70%以上の水が含まれており、これは食品の物性や食味に関係がある。いろいろ研究されたところによると、食品中の水がこのように、食品学的にまた調理科学的に重要な意味をもっている場合は、ただ量だけの問題ではなく、その水がどんな状態で存在しているかが、関係しているように思われる。その一端を述べてみたい。

#### ゼリー中の水

食品中の水について、まず興味をもたれたのは、ゼリー中の水ではないかと思う。ゼラチンや寒天のゼリーが、99%以上の水を含みながらなお固体の性質を示す事実は、この水はどのような状態で存在しているのかという問題を投げかける。これについてまず考えられたのは、この水は蛋白質や高分子糖質と結合しているのではないかということであった。ゼリー中に管をさしこんでも、ゼリーを砕いても、水が分離してこないで、そう考えるほかなかった。しかしゼリー中の水の大部分は遊離の状態にあり、結合している水はごく少ないと考えさせられるような事実が、次々と現れた。たとえばゼリー中には凍らない水がある。10%以下のゼラチンゼリーは、 $-3^{\circ}\text{C}$ に冷すとゼリーの表面は氷に包まれるが、中心部にはまだ凍っていないゼリーが残っている。さらに温度を下げると、凍っていないゼリー中の水の一部がまわりの水の方

に移ってきて凍るので、氷層は厚くなり、中心部の未凍結ゼリーの水分は減少する。しかしこの水分が35%程度となると、いくら温度を下げても凍らない部分がある。なぜこれだけの水は凍れないのか。水が氷となるためには、水分子は互にあるきまった位置を占めなければならない。したがって表層に移動してきて氷となる水は、ゼリー中で自由な状態にある水、すなわち遊離水であり、最後まで凍れぬ水は、ゼラチン分子とかがたく結合して、移動しにくい状態にある水、すなわち結合水と説明された。最後まで凍らなかったゼリーの組成、ゼラチン65.5%、水34.5%から計算すると、結合水は蛋白質1g当り0.54gでごく少ない。すなわちゼリー中の水の大部分(10%ゼリーとして、蛋白質1g当り8.46g)は自由水である。しかし不凍水は全部ゼラチンと結合しているか否かについては疑問もあった。なぜならば、きわめて細い毛細管中の水や、ごく微粒となっている水は凍らないという事実が知られていたからである。しかし不凍水約35%という値は、他の全くちがったいろいろの方法から推定される結合水の量とよく一致している。

たとえば、塩化コバルトを加えたゼラチン溶液を冷すと桃色のゼリーとなる。これを乾燥していくと、完全に乾ききらぬうちに青色となる。この時のゼリーの水分は、30~40%である。塩化コバルトは、水の存在の下では桃色を呈するが、乾燥すると青色に変わるので、広く水分の検出に用いられている。ではなぜ30~40%の水分を含むゼリーが青色を呈するのか。これだけの水はゼラチンと強く結合しているのか、塩化コバルトに作用できないためと考えられた。この水分30~40%という値が、上記の凍結実験からえられた値と一致していることは、不凍水=結合水とする前述の推定を裏書するものと考えられた。このほかいろいろの実験から、結合水の量は蛋白質1g当り0.5gから最高1.5gと結論されている。

#### 水の自由度

このようにゼリー中の水の大部分は自由水とわかると、問題は初めにかえり、それではなぜゼリーを砕いても、

## 食品の水和

管をさしこんでも水が分離してこないかが問題となる。この疑問は、ゼリー中の水の大部分は自由水であり、普通の水と同じく  $0^{\circ}\text{C}$  で凍り、物を溶かす作用ももっているが、ゼリーを作っている物質の微細な網目構造の中に閉じこめられ、普通の水ほど自由に動けなくなった Immobilized free water と説明されている。

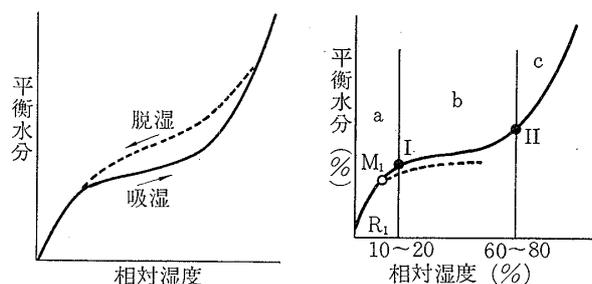
このような事実がわかると、ゲル中の水を論ずるときは、ただ量的に多い少ないばかりではいけない、質的にその水の自由度のことも考えねばならぬということになる。では自由度の目安として何を考えたらばいいか。その一つとして着目されたのは、ゲルに含まれている水の蒸気圧である。水蒸気圧は水の分子が、液体の状態から気体となって飛び出していこうとする力である。したがって、結合水の蒸気圧は、自由水の蒸気圧より小さい。そこでゲル中の水の蒸気圧  $P$  は、同温度の純水(自由水)の蒸気圧  $P_0$  にくらべて、どの位よわいか、すなわち  $P/P_0$  をみれば、そのゲル中の水の自由度がわかる。 $P/P_0$  をみる方法はいくつかあるが、最も取扱い易いのは、平衡蒸気圧法であって、ゲル中の水の蒸気圧は、どの位の湿度の空気中の水蒸気圧と等しいかをみる方法である。

## 平衡水蒸気圧の測定

デシケーターのような密閉のできるガラス容器を多数用意し、それぞれ濃度のちがった硫酸または中性塩溶液をいれ、器内の湿度を段階的にかえた中に、真空中五酸化磷で乾燥し、粉末とした試料をいれて、恒温に長時間放置する。するとまず試料の吸湿がおこり、それにつれて容器内の湿度は下がる。長時間後、試料の示す水蒸気圧と容器内の水蒸気圧が等しくなると、試料の吸湿はやみ、試料中の水分は一定となる。この時の水分を平衡水分、蒸気圧を平衡蒸気圧という。平衡蒸気圧  $P$  は、平衡に達した時の硫酸または中性塩溶液の濃度から求め、これを測定温度における純水の蒸気圧  $P_0$  に対する比(相対湿度)で示す。このようにして求めた平衡水分と平衡相対湿度の関係を図示すると、試料中に存在する活動度の異なる水の量を推察することができる。この曲線は等温収着曲線(Sorption isotherm)という(収着の意味は後に述べる)。

なお試料として水を含んだものを用いると、湿度の低い容器内では、試料の脱湿と容器内の湿度の上昇がおこり、平衡湿度に達する。この場合平衡水分と平衡相対湿度の関係は、吸湿のときと必ずしも同一ではなく、等温脱湿曲線は、形は吸湿の場合と同じであるが、平衡相対湿度の高いところと、低いところを除くと、吸湿の場合よりも上方にある(第1図)。

## 等温収着曲線の解析



第1図 吸湿曲線と脱湿曲線  
(模式図)

I, II 屈曲点  
 $M_1$  飽和吸着量  
 $R_1$   $M_1$ のときの相対湿度

第2図 等温収着曲線(模式図)

等温収着曲線は第2図に示すように、凸型と凹型の部分からなるS字曲線の一種であって、曲線の傾斜が急に変る点(屈曲点)が二つある(第2図のIおよびII)。この二点を境として、曲線はa, b, cの三つの部分に分けることができる。

## a部の水

a部の水は、相対湿度が10~20%以下の小さいところでも離れない。またa部ではc部に比べ、吸湿のさい強い容積の収縮がおこる。すなわちa部の水はゲルの成分にしっかりついており、自由度がごく小さいと考えられる。この水の存在状態に関し、結晶卵アルブミンについて重要な事実がえられている。

卵アルブミンの結晶を、相対湿度のちがう空気中に放置して、含有水分をいろいろに変え、X線でしらべると、結晶の空間格子を構成している単位格子が、段階的にふくれたり、ちぢんだりしているが、結晶の形は変わらない。このことから結晶についての水は、主としてアルブミン分子の表面にあり、分子の内部にまで浸入していないと考えられる。このように固体の表面に他の物質が吸いよせられるが、固体そのものの分子構造は全く変化をうけられないような現象を吸着という。同様にゲル中の自由度の小さい水は、ゲルの表面に吸着された水と類推される。

吸着についてはLangmuirの有名な単分子層吸着説がある。“固体表面に分子や原子が吸着できる場所は一定数しかない。しかも一つの吸着点は、ただ一個の分子しか収容できない。したがって吸着点が全部飽和された状態では、吸着された物質は、固体の表面に一ならびだけならび、一分子の厚さの層(単分子層)を作る。”

これを気体が金属の表面に吸着される場合に適用して導かれた気体の圧力と吸着量の関係を示す式(研究者3人の頭文字をとってBET式といわれる)から、ゲルの吸湿のさい、単分子層を作るに必要な水分量、すなわち飽和吸着量を求めると、収着曲線の第一屈曲点の少し手

前、第2図の  $M_1$  附近にあることがわかった。

単分子層吸着説によれば、乾燥固体に吸着される水の量は、平衡相対湿度が高くなると増すが、増加の割合は、飽和吸着量に近づくと減り、ついに0となる。すなわち吸着量と平衡相対湿度の関係は、横軸に凸型の曲線で表わされる。したがって第2図の  $a$  部の曲線の形は、 $a$  部の水が単分子層吸着水であることを裏付けるものである。そしてもし吸湿が吸着だけによるものならば、中および高相対湿度域では、収着曲線は第2図の点線で示したようになる筈である。しかし実際には  $S$  字曲線となっていることは、ゲルの吸湿現象は吸着だけではないことを示すものである。

以上をまとめると、 $a$  部の水は Langmuir のいう単分子層を作っている吸着水であり、その結合のかたいこと、および水素結合を作り易い水分子の性質から、この水は、ゲルの表面に遊離の状態が存在している親水性基と水素結合を作っているのではないかと思われる。

#### **b 部の水**

ここに  $b$  部の水というのは、相対湿度が  $a$  部より高くなると、相対湿度  $\sim 15\%$  から  $\sim 70\%$  の間で、新たに吸われる水のこととする。その量は  $a$  部の飽和吸着量にほぼ等しい。この水は相対湿度が  $a$  部までさざると全部離れる、すなわち  $a$  部の水より離れ易い。しかし  $b$  部の曲線の傾斜はごくゆるいので、 $b$  部の範囲では、相対湿度がかなり下っても含水量の減少は僅かである。したがって  $b$  部の水は、 $a$  部の水より離れ易いが、なおかなり安定である。そこで  $b$  部の水もゲルに吸いよせられた水和水と考えられる。ただしその結合力は、 $a$  部の水よりも弱い。

では、 $b$  部の水はゲルのどこに、どうついているのか？この問題はまだ充分解決されていない点もあるが、多分子層を作って、ゲルの表面にひきよせられているという考に基づいた説明が行われている。

たとえば、 $b$  部の水は、吸着体の表面にできた単分子層の水に、水素結合によって、第2、第3またはそれ以上の水の層が結ばれているのではないかという説がある。しかし計算によると、第1層以外の水の結合力はごく弱く、水分子の熱運動エネルギーより小さい。したがって、第1層以外の層を一定の位置にとどめておくことはできないという反論がある。

また別の説に、吸着体に地球の重力のような一種の引力があり、その力は吸着体に近いほど強い。水分子はこの引力にひきよせられ、引力の働く空間に、吸着体に近いほど密に集り、多分子層を作っているのだらうというのがある。有力な理論的説明の一つであるが、この理論

に基づいて出された等温吸着式があてはまらぬような場合もあるといわれる。

このように  $b$  部の水は主として吸着水の一つと認められているが、 $b$  部の終りの方、すなわち収着曲線の第二屈曲点に近づくと従って、吸着水のほかに、次にのべる  $c$  部の水の主体である毛管凝縮型の液体の水も混っているとされている。

#### **c 部の水**

$c$  区域（第2屈曲点より高い相対湿度域）で新たにつく水は、湿度が僅か下っても著しく減る。すなわち自由度がきわめて大きいと考えられる。

吸水したシリカゲルを顕微鏡でみると、ゲルの表面は液体の水でおおわれている。この水はどうしてできたか。(1)シリカゲルは毛細管の集りのような多孔質の構造もっている。(2)毛管凝縮といって、毛細管中にたまった水の蒸気圧は、普通の水の蒸気圧より小さい。したがって毛細管中では水が凝縮しやすい。この二つの事実から、シリカゲルの表面をおおっている液体の水は、シリカゲルの毛管中に吸着された水蒸気が凝縮したものと説明される。

一般のゲルも糸状分子の作る網目構造の結び目や、密にならんだ分子間の隙間など、毛管に相当する細孔やすき間を多数もっていると考えられているから、その中で水蒸気が凝縮してできた液体の水が蓄積したのが、 $c$  部の水ではないかとされている。

このように吸着と凝縮が同時におきている現象を、表面だけにおこる吸着と区別して収着という。

$c$  部の水は自由水、しかしゲルの作る構造のきわめて狭いすき間に捉えられ、動けなくなっている水、すなわち前のべた Immobilized free water である。自由水であるから凍結もし、物を溶かす作用もあるが、ゲルを砕いても、管をさしこんでも出てこない水である。その量は、(1)ゲルの成分がつよい親水性をもっている場合ほど、(2)網目構造にすき間の多いゲルほど、(3)網目構造のあしのしなやかなほど多いと考えられる。

#### **食品中の水の作用**

食品に含まれる活動度の異なるそれぞれの水が、食品の保蔵、品質の保持、および物性に及ぼす影響の一端を考えてみたい。

#### **乾燥食品**

乾燥は食品保蔵の重要な方法の一つであって、微生物の発育に必要な水を奪って、食品の腐敗を防ぐものである。乾燥の目安は、食品中の水分を大体40%以下とすること、すなわち、毛管凝縮によって生じ、食品の表面や組織の小孔に充ちている毛管凝縮型の水を除くことが必

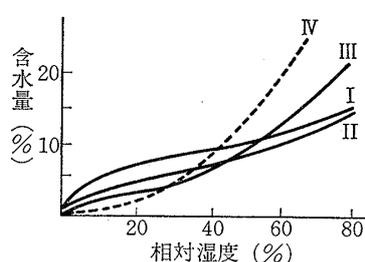
## 食 品 の 水 和

要とされている。しかし過度の乾燥は禁物であって、保存中の品質の低下を防ぐため、多くの乾燥食品では、少量の水分は残しておかねばならぬということが、にがい経験からわかり、研究の結果、その量は、飽和吸着量、すなわち食品の組織の表面に吸着し、単分子層を作るに必要な水分量とほぼ一致することがわかった。この水が除かれると、組織の表面にある活性基はむきだしの状態となるので、空気中の酸素で酸化され易くなり、変色やビタミンの破壊がおこる。また活性基同士の相互作用により、組織の微細構造が変り、物理的に品質の低下をおこす場合もある。緑茶や海苔などは、水分がある程度以下になると香りが失われ、乾燥野菜や、パンの海綿状組織は碎け易くなる。したがって“乾燥食品”といわれるものには普通数%から10%近くの水が含まれているが、これは計画的に処理された結果であって、大体それぞれの食品に対する飽和吸着量に近い。

飽和吸着量は等温吸着曲線の解析によって求められるが、この曲線は食品の種類によって異なる。第3図は4種の代表的乾燥食品について、これを示したものである。この曲線から求められた飽和吸着量  $M_1$  および対応する相対湿度  $R_1$  は第1表のようになる。

第1表 代表的乾燥食品の飽和吸着量

食品群	試料	飽和吸着量 (固形物に 対する%)	飽和吸着量 に対する相 対湿度(%)	備考
I 澱粉食品	ジャガイモ	~6	~15	脂肪は除外して計算 粉乳も組成の関係からこの群に入る
II 蛋白食品	牛肉	~3.5	~8	
III 野菜類 (含糖高分 子食品)	グリーン ペッパー	~2.0	~6	
IV 果汁粉末 (高含糖食品)	モモ	—	—	

第3図 代表的乾燥食品の等温吸着曲線  
22°C (Salwin 1963)

飽和吸着量は澱粉類(I)最も大きく、蛋白類(II)、野菜類(III)の順になる。果汁粉末(IV)のように含糖量の多いものの吸着曲線はS字型とならず、横軸(相対湿度)に対しはっきり凹型となる。したがって飽和吸着量に相当するものはなく、また水分のごく少ないところの蒸気圧をみると、I~IIIにくらべはるかに高いので、アスコルビン酸の分解や、貯蔵中の褐変反応に利用される。したがってこの類の食品は、できるだけ水分を少なくした方が安全である。

## 凍結乾燥食品

ごく低温で凍結した食品を、高度の真空中で乾かす凍結乾燥法では、水は組織中に存在しているその位置で凍り、そのまま固体の状態から水蒸気となって除かれる。すなわち普通の乾燥法では、液体の水が表面から蒸発し、それにつれて内部の水が表面に移動して蒸発するが、この方法では水は組織の中を動くことなく除かれる。したがって製品はスポンジ状の多孔質となり、また乾燥の際、水の動きにつれて、組織の構成分子が互に近づいたり、凝集をおこす機会が少ないので、組織の容積も、立体構造も乾燥前とほとんど変わらず、また蛋白などの変性もほとんど起こらない。したがって乾燥により失われただけの水を加えると、ほとんど完全に吸収し、大きさも形も実質も、生鮮状態と区別できないほどになる。また乾燥が低温真空中で行われるので、色素の化学的あるいは酵素的変化がおこらず、かつ水分のほとんどが氷結している-10°C以下では、香り成分の多くのものの蒸気圧は、氷の蒸気圧よりも低いので、氷は昇華しても香りの揮発は少ない。凍結乾燥食品のこの復元性は、えび、かに、松茸などの場合特に高く評価され、“夢の食品”といわれたこともある。

乾燥食品の乾燥度は、保蔵中の品質保持の点から、前項で述べたように毛管凝縮水は完全に除き、吸着水は完全に残しておくことが要求される。これは凍結乾燥食品の場合にもあてはまる。しかし凍結乾燥は乾燥率が高いので、脱水不足となるおそれはまずないが、乾燥しすぎないようにしないと保存中酸化による品質の低下がおこる。たとえば含水量が飽和吸着量以下になると、凍結乾燥エンジンでは脂溶性β-カロチンが酸化され紫色のβ-ヨノンとなり、特有の赤橙色が失われ、凍結乾燥豚肉(含脂量37%)では油脂の酸敗が急速にすすむ。

乾製品は一般に吸湿しやすいが、凍結乾燥食品は、乾燥度が高いばかりでなく、多孔質のため表面積が広いので特に甚だしい。しかも第1図に示したように、毛管凝縮水の脱湿曲線は吸湿曲線よりも上にある。したがって一度吸着した毛管凝縮水を除くためには、吸湿前よりも相対湿度を強く下げねばならない。すなわち、凍結乾燥食品では、酵素や微生物に利用される毛管凝縮水の悪い影響を、脱水不足のために受けることはないが、保存中吸湿すると、その害をまともに受けるおそれがある。したがって吸湿をふせぐため、乾燥剤の封入が行われるが、乾燥食品の吸湿力は強いので、乾燥剤はよほど強いものでないと、乾燥剤中の水分が逆に食品中に吸いこまれるおそれもある。乾燥剤としては、多孔質で水蒸気を主として毛管凝縮によって吸着するシリカゲルが用いられ、

特に加工により毛管の数を増加させたものもある。

このように凍結乾燥食品の保蔵には防湿がまず必要であり、その効果を充分あげるためには、低水分と中水分の間、すなわち吸着水による保護膜の完成した後、毛管凝縮水のできはじめる頃の相対湿度の変化に充分注意しなければならないとされている。

### 肉の保水性

#### 保水性の目安

食品原料中の水の大部分は、毛管凝縮水であって、本質は自由水であるが、組織の微細構造の中に閉じこめられて、自由に動きえなくなったもので、Immobilized free water ともいわれる。水和水に結合の強弱のあるように、動けなくなった自由水にもいろいろの段階がある。例えば、肉をブレンダーにかけてほぐした肉がゆをそのまま放置しても、水は出てこないが、圧搾すると、にじみでてくる水と、こない水とがある。前者は軽く捉えられた水、後者は強く捉えられた水(束縛水)と考えられ、この中には水和水も含まれている。圧搾しても出てこない水の多い肉は保水性が大きいといい、その多少は肉の保水性をくらべる一つの目安とされる。勿論この方法は絶対的なものではない。試料の粉碎の度、加える圧や時間などで異なるが、保水性についての実用上の智識がえられる。なおこの方法の長所の一つとして、圧搾された肉がゆの面積から肉のかたさを比較することができる。

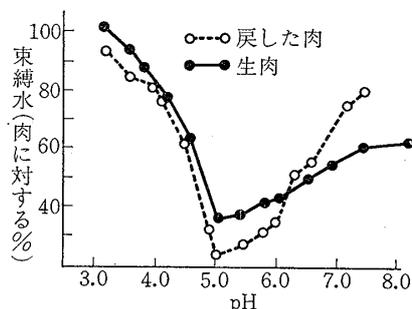
保水性のごく大きい肉は、自然に含まれている水だけでなく、後から加えた水の一部をも捉えることができる。したがってひき肉に少量の水(約30~60%)を加えたものを試料とすると、肉の保水性のちがいが一層はっきりする場合もある。

保水性の大小は、“c部の水”の項で述べたように、ゲルの水和性の大小、貯水の場合となる内部構造の適否できまるが、一方蛋白質の変性は、有力な水和の中心であるさしひきの電荷の数や、内部構造の変化を伴う。したがって保水性の測定は、食品化学的にはタンパク質の変性をみる一つの手段となる。この方法によって凍結乾燥肉の変性が推察された面白い例がある。

#### 凍結乾燥肉の変性

凍結乾燥肉の復元性は、前述のように、ほとんど完全のようにみえる。組織の全容積も、三次元的な微細構造もほとんど変わらず、乾燥前の含水量まで完全に吸水し、その時のpHも生肉とほぼ等しく5附近にある。しかし戻した肉は生の時よりも、乾き気味で、軟かさに劣る点のあるのは、何か変質の起きていることが察しられる。圧搾法でしらべると、生肉より保水性が小さく、束縛水に

約20~40%の減少がみられた。そこでそれぞれの肉のpHをかえて保水性をみると、第4図に示すようになり、次のようなことが



第4図 生肉および戻した肉の保水性に及ぼすpHの影響 (Hamm & Deatherage, 1960)

わかった。(1)戻した肉の保水性が生肉よりも小さいのは、pH4.5と6.5の間だけであって、(2)pHが4.5より酸性となると、それぞれの肉の保水性はほぼ等しく

なり、(3)6.5よりアルカリ性となると、戻した肉の方がかえって大きくなる。また(4)いずれの肉もpH5附近で保水性が最小となる、すなわち生肉も戻した肉も、そのままのpHでは等電域にある。

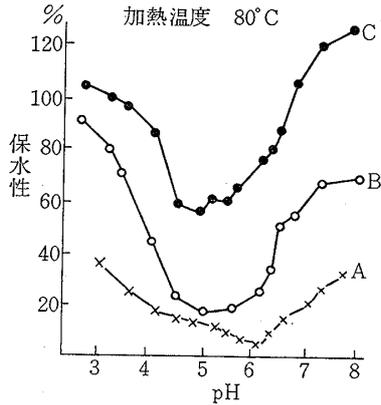
等電点にある蛋白質に、酸またはアルカリを加えた時、まず起る変化は、正または負の電荷の増加である。したがって、等電域にある肉に酸またはアルカリを加えると、戻した肉の保水性が生肉と同じになったり、かえって大きくなることは、等電域では(すなわちそのままのpHのときは)戻した肉は生肉よりも、水和に役立つ荷電基の少ないことを示す。それでは等電域にある戻した肉は、なぜ生肉よりも、水和に役立つ荷電基が少ないのか。

その原因はやはり構造の変化に関係があり、多分凍結乾燥処理の間に、ペプチド鎖の配向が変わり、互に近づくようになり、構造が密になったのであろう。しかしpHをかえると、保水性が回復することから考えると、この新しい構造を支えているものは、-S-S-結合やエステル結合のような強固なものではなく、塩結合や水素結合のようなものであって、生肉中では自由な状態にあったCOO<sup>-</sup>基やNH<sub>3</sub><sup>+</sup>基が、この新しくできた構造を保つ塩結合や、水素結合を作るのに使われたため、戻した肉では水和に役立つ荷電基が少ないのではないかと説明されている。

#### 熱調理における肉の物性の改善

加熱は肉の調理の最も重要な手段であるが、そのさい問題となるのは、(1)肉のかたくなることと、(2)肉汁の失われることであるが、いずれも肉の保水性と関係がある。すなわち実験の結果によると、保水性の減少は加熱温度の高いほど、また加熱肉のpHが等電域(5.5~6.5)に近いほど大きく、ほぼこれに平行して肉の軟かさも減る。また肉汁の流失は、加熱温度の高いほど、また加熱温度が同じならば、生肉の保水性が小さいような条件、すな

## 食品の水和



試料：生肉+60%の水  
A：加熱後に pH 調製  
B：加熱前に pH 調製  
C：対照

保水性は軟かさの目安となる

第5図 肉のpHを加熱前および加熱後にかえた場合の保水性のちがい (Hamm & Deatherage, 1960)

わちpHが等電域に近いほど多い。このことは、加熱温度の高いほど、また等電域に近いほど、肉タンパクの構造が密となることから容易に理解できるところである。したがって肉の熱調理における硬化や肉汁の流出の問題を考えると、肉の保水性の変化を考えればよいということになる。

食肉のpHは普通

5.5附近にある。これは大体肉蛋白質の等電域にあるので、保水性は最も低い状態にある。加熱するとpHは少しアルカリ側にずれて大体6近くになる。加熱した肉のpHをかえて保水性をみると、このpH附近で最低である(第5図)。すなわち食肉は生の時も、加熱後もそのままでのpHの時、保水性は最低である。

また第5図に明かなように、加熱前または加熱後肉のpHを3または8の微酸性または微アルカリ性とすれば、加熱肉の保水性は明らかに大きくなる。ただし肉のpHをアルカリ側に移すことは、味の上から喜ばれないので、肉を酸につけてから熱するか、加熱後酸につける方法が

とられている。

この二つの方法をくらべると、pHを加熱前に微酸性とした方が、軟化効果が大きく、生肉(pH5.5)よりも軟らかになり保水性、また肉汁の分離を防ぐこともできる。しかし加熱後の調整では、かたくなるのはある程度防げるが、肉汁の流失を防ぐことはできない。加熱後pHをかえても、肉汁の流失を防止できないのは、肉汁の流出は生肉の熱収縮によっておこるものであるから当然であろう。

酢を主体としたつけ汁に予め浸しておいた肉を煮込んだフィリピン料理の Adobo および油で揚げた肉を、酢を主体としたあんを熱した中にまぜる中国料理の酢豚は、それぞれ加熱前および加熱後に肉を微酸性とした料理の例である。

## 文献

## I 平衡水分関係

F. Haurowitz: Chemistry and Function of Proteins, Academic Press 115 (1963)

永沢 信: 食品コロイド学, 共立出版, 298 (1967)

日本水産学会編: 食品の水 p. 1~15 (花房尚史), p. 49~62 (柴崎一雄), 101~116 (秋場稔), (1973)

H. Salwin: Food Technol., September 34 (1963)

## II 肉の保水性関係

R. Grau · R. Hamm: Z. Lebensm. u. Forsch., 107, 423 (1958)

R. Hamm · F. E. Deatherage: Food Research, 25, 573, 587 (1960)

右田正男: 調理科学 2, 92 (1969)

(昭和49年10月1日跡見学園短期大学で講演)