

食肉加工，水産加工における リン酸塩の利用

梅根 伸悟，磯村 遼

Shingo Umene, Ryo Isomura

オルガノフードテック株式会社

1. はじめに

リン酸塩は、リン酸（別名：正リン酸，オルトリン酸，オルソリン酸）または重合リン酸（ピロリン酸，ポリリン酸，メタリン酸）と塩類（ナトリウム，カリウム，カルシウム，マグネシウム，アンモニウム，第二鉄）とが結合した物質である。1957年に食品添加物として認可されて以降，日本国内の食品産業において，食肉加工品，水産加工品，乳製品，農産加工品，飲料などの各種食品の製造用剤または強化などさまざまな分野で利用されてきた。2012年にリン酸一水素マグネシウムが新規に食品添加物として指定され，現在22品目のリン酸塩が食品添加物として認可されている。

表1に示すように，食品業界においてリン酸塩はさまざまな食品に対して，非常に幅広い用途で使用されている。本稿では，特に食肉加工品と水産加工品について代表して紹介

し，さらに使用時における注意点を記載する。

2. 食肉加工品

ハム・ソーセージ等の食肉加工品にリン酸塩を使用する最大の目的は，肉の保水性を高めることである。本稿では，リン酸塩の機能と肉の保水性との関連を中心に示す。

1) 各リン酸塩固有のpHと緩衝作用

リン酸塩はそれぞれ固有のpHと緩衝作用を持っており，リン酸塩のなかでは正リン酸塩の緩衝作用が最も強く，重合度が増すにつれて弱くなる傾向がある。一方，通常の食肉加工に使用する動物筋肉のpHは6.0付近であり，肉タンパクの等電点はpH5.3～5.5である。この等電点付近では肉中のタンパク質が電氣的に引きつけ合い，保水力は最も低くなる。等電点以上のpHでは，肉タンパクはマイナスに荷電し，電氣的反発によって筋原繊維間に距離ができ，肉タンパクが膨潤するため，保水力が向上する。したがって，リ

表1 主な食品へのリン酸塩の利用例

食品	利用食品	利用分野
食肉加工品	食肉製品（ハム，ソーセージ類）	結着・保水・保形性向上，冷凍耐性，変色防止，脂肪の酸化抑制
水産加工品	魚肉製品（エビ，カニ，かまぼこ）	
小麦粉加工品	ベーカリー，中華めん類，ワンタンの皮	膨張剤，かんすい，皮の強度向上
乳加工品	プロセスチーズ・チーズ加工品 ミルクプリン・発酵乳ゼリー，アイスクリーム	乳化剤，タンパク分散・安定化，オーバーラン向上
調味食品	みそ・しょうゆ	変色防止，粘稠性の増加，発酵熟成期間の短縮
惣菜類	煮豆，野菜・根菜類，漬物類	軟化・変色防止，保存性向上
一般食品	果汁飲料・缶詰	酸化防止，分散性向上，色調安定化，変色防止，味質調整
	各種食品	保存性向上，色・味・風味の安定化，栄養強化，培地の栄養源，ビタミンCの安定化，使用水の調整

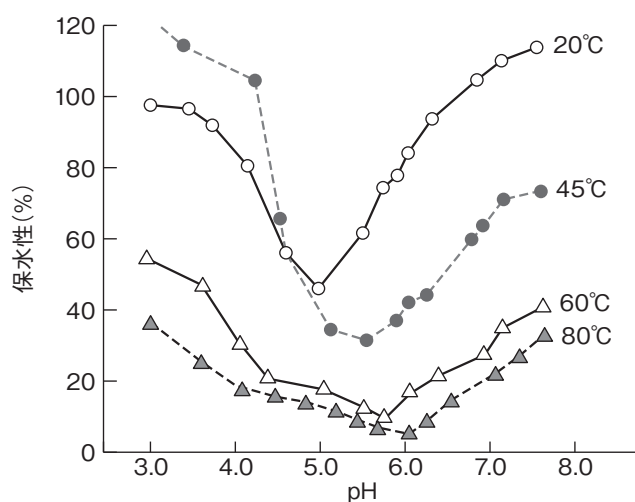


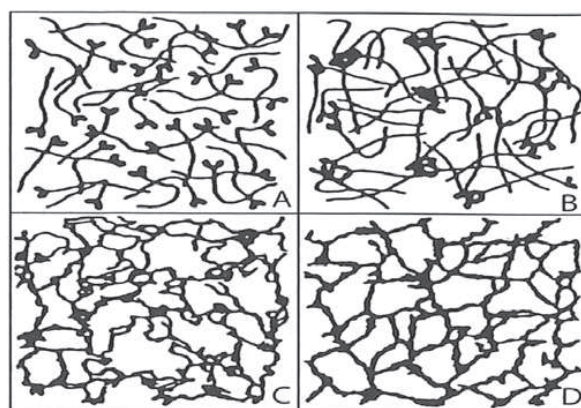
図1 牛肉の pH-保水性曲線におよぼす温度の影響

ン酸塩を使用して、pHをアルカリ側に調整することにより、肉の保水性が向上する。また、肉の保水性は温度の影響も受ける。肉の保水性に及ぼすpHと温度の影響について、図1に示す。

2) 多価アニオンとしての作用とアクトミオシン分割作用

リン酸塩は多価アニオン(陰イオン)であり、食塩などよりも少量でイオン強度を高め、アクトミオシンをアクチンとミオシンに分割し、ミオシンの溶出を促進する効果がある。ミオシンは肉の保水性、結着性に大きく影響する筋原線維タンパク質であり、ミオシン態窒素の抽出性は、食塩、正リン酸塩、クエン酸塩では全タンパク質に対して4~6%なのに対し、重合リン酸塩の場合は28%にも上るとの報告もある。

ソーセージを例に挙げてみると、肉片の結着は筋原線維タンパク質中のミオシンによるものであるが、このなかに含まれる食塩濃度を2~5%にすると、肉中の塩濃度は0.5~1.0M(モル)の範囲になる。この塩濃度においては、塩漬時に筋原線維からはミオシンだけでなく、アクトミオシンも多く溶解し抽出される。細胞外へ溶出されたミオシンとアクトミオシンによって、塩漬肉は次第に粘り気を帯びてくる。ミオシン分子の形状は、洋



A : 加熱前の多数のミオシン分子
 B : 43°C : 分子頭部間の凝集反応
 C : 55°C : 分子尾部の間の架橋結合
 D : 60~70°C : 網目構造の形成(ゲル化)

図2 ミオシン分子の加熱によるゲル化反応を示す模式図

梨型の2個の頭と棒状のしっぽからなる線維状で、0.6M塩溶液での状態を電子顕微鏡で観察すると図2-Aの状態となる。アクチンが加わるとミオシンの2個の頭が2本のアクチン・フィラメント間に橋かけ結合を作るため、さらに粘稠(ねんちゅう)さを増す。これを加熱すると、43°Cでミオシン分子の頭同士がくっつき合い(図2-B)、55°Cでしっぽの部分が橋かけ結合によって互いに絡まりあい(図2-C)、60~70°Cでは3次元的な網目構造を作る(図2-D)。この温度範囲かつpH6.0のときに最も安定な加熱ゲルを形成するとされている。

実際のソーセージにおいては、カッティング中に豚脂肪が加えられる。加えられた豚脂肪は、非常に細かい脂肪粒子にまで碎かれ、その表面は粘稠なミオシンとアクトミオシンを含む塩溶液で覆われ、最終的には安定で均一な水中油滴型ソーセージエマルションができる。この状態を示したのが図3である。図中では筋原線維の断片や結合組織の線維が加わっている様子が分かる。図3での網目構造はミオシン単独よりもしっかりした形で凝固しており、でき上がったソーセージはこの網目構造の中に多くの水を保持できる。

次いでリン酸塩と肉タンパクの保水性について考える。先に述べたように、肉製品の保

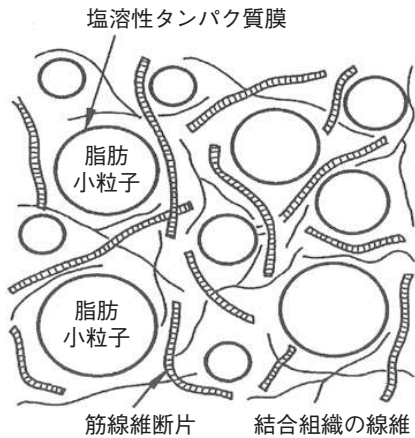


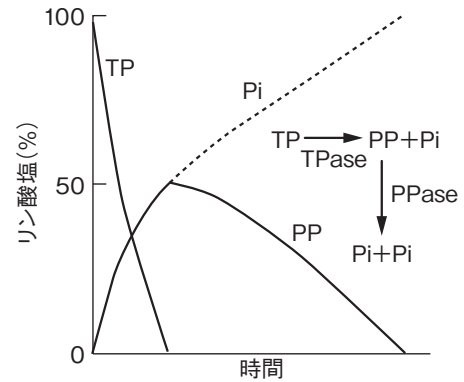
図3 ソーセージエマルションの模式図

水性・結着性は食塩等による筋原線維タンパク質の溶解性に依存している。と殺直後の筋肉はまだかなりの量のATP（アデノシン三リン酸）が残存しているためミオシンはアクチンと解離しており、塩漬の際の食塩濃度でミオシンは溶出されやすい。一方、一般に使用される原料肉は硬直期を経過しているため、溶出してくるのはアクトミオシンが大部分で、しかも抽出量はかなり減少する。従ってこの場合リン酸塩の添加が効果を示す。特にピロリン酸塩はATPと同様にアクトミオシンをミオシンとアクチンに解離する作用があるので、塩漬に際し、食塩とともにピロリン酸塩を添加すればミオシンの溶出量を増大させる効果が現れ、肉の保水性が向上する。トリポリリン酸塩も肉中で酵素により分解されてピロリン酸塩となり、同様に作用する(図4)。

このように、リン酸塩は主にpHへの影響とミオシン溶出を促すことで、肉の保水性を高めている。ハム・ソーセージ等の食肉加工品に使用されるピクル液は通常低温であり、リン酸塩以外も溶解させることから、品質改良剤としてのリン酸塩製剤は、これら各リン酸塩の特徴に加え、リン酸塩の溶解度等も考慮に入れ、配合を決定している。

3. 水産加工品

水産加工品にリン酸塩を利用する効果については大別すると



TP;トリポリリン酸,PP;ピロリン酸,Pi;正リン酸
TPase;トリポリリン酸分解酵素,PPase;ピロリン酸分解酵素

図4 筋肉ホモジネートにおけるトリポリリン酸の酵素分解

- ① pH上昇効果による結着性の増大と保水・保形性向上
- ② 魚肉中に含まれるMg, Caなどと結合することによる冷凍変性防止
- ③ 魚肉中の塩溶性タンパク質の溶出促進による弾力の増強

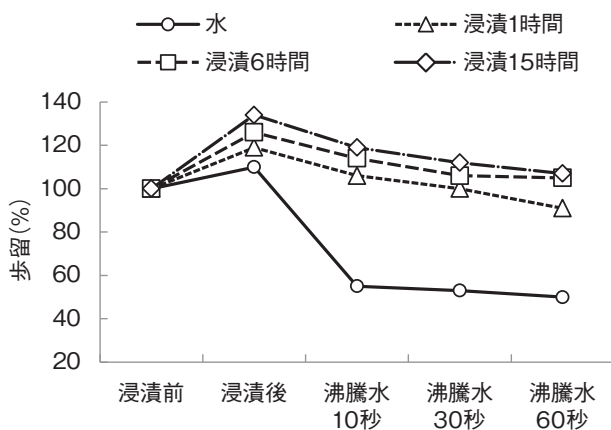
などが挙げられる。水産加工品の製造においては、リン酸塩の種類は重合リン酸塩が主体で、単品よりも製剤として利用することが多い。本稿では①について実際の例を挙げて紹介する。

エビやイカなどの魚介類を、リン酸塩製剤を溶かした浸漬液に一定時間浸漬し、加熱調理した際の重量変化を測定した(図5, 6)。リン酸塩製剤添加により、加熱後の重量減少が抑制され、歩留が向上した。また食感に関しては、エビはふっくらプリプリした食感に、イカはやわらかく歯切れの良い食感となった。これらの効果は、リン酸塩がpH域をアルカリ性にするすることで、エビやイカの保水性を高めることによるものである。

4. リン酸塩使用時における注意点

リン酸塩を食品の品質改良剤として使用する際、溶解方法に注意が必要である。

水溶液に十分な攪拌がないまま偏在して添加した際には、リン酸塩が飴状や硬い塊となるランピングという現象が発生する。一旦この状態になると、容易に分散溶解できない



浸漬液:リン酸塩製剤5%

図5 むきエビにおけるリン酸塩製剤浸漬時間と歩留

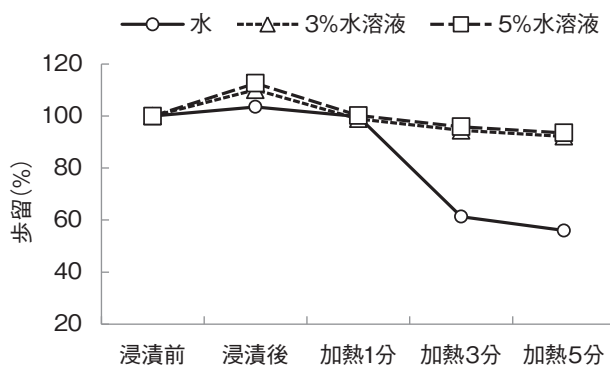


図6 イカにおけるリン酸塩製剤濃度と歩留

ため、食品中でリン酸塩の効果が十分に発揮されないことがある。ランピングを起こさないよう、十分な攪拌を行って使用することが重要であるが、当社においても水への分散性が良好な商品や製剤を取り揃えている。

また、食品への添加順も溶解性に大きく影響を及ぼす。食塩などの塩類が共存するとリン酸塩の溶解度が変わるため、最終食品における物性が変わってしまうこともある。そのため、最適なリン酸塩を選択し、水に難溶性な物質などを安定な懸濁状態で分散させることが重要である。

食品添加物は食品中で目的とする効果を得る上で必要とされる量を超えない範囲で適量を使用することが前提とされている。そのなかで、リン酸塩においてはカルシウム塩の使用基準が定められているため、使用時には栄養機能食品の表示に関する基準など各法令に基づいた注意が必要である。

5. おわりに

リン酸塩の特性、食肉加工品と水産加工品についてまとめたが、紹介した研究の多くは1900年代、特に1950年代～1970年代頃に行われたものである。論文などの発表は少なくなってきたが、新素材との組み合わせや多様化する商品形態に則した使用法など、種々の応用的知見が蓄積されている。

近年、リン酸塩は体内のカルシウムを排出するなどの極端な情報により、敬遠される物質となっている。元来、リンはさまざまな食品に含まれている物質であり、食品添加物から摂取されるリンの含量は非常に少ない。食品添加物を適切に使用することにより、より安全で、よりおいしく、またコストも抑えることが、本来の消費者利益に繋がると考える。

参 考 文 献

- 1) 西澤卓也:月刊フードケミカル, **366**, 60-66 (2015)
- 2) 武田治明:New Food Industry, **33**(2), 33-39 (1973)
- 3) 宮部 浩:月刊フードケミカル, **25**(7), 35-39 (2009)
- 4) 森田重慶監修:『食肉・肉製品の科学』, (1982)
- 5) 平野正男ら:『今さら聞けない肉の常識』, (1999)
- 6) 手塚 久:New Food Industry, **15**(2), 13-15 (1973)
- 7) 渡辺悦生:日本海水学会誌, **50**(3), 194-198 (1996)

うめね・しんご

オルガノフードテック株式会社 技術開発部

2017年、オルガノフードテック株式会社入社。現在に至る。

いそむら・りょう

オルガノフードテック株式会社 技術開発部

2017年、オルガノフードテック株式会社入社。現在に至る。