

## 水分活性について

～ 食品の保存性パラメーター ～

はじめに

食品が腐敗するのはある種の微生物の増殖が原因ですが、微生物が増殖するには適当な栄養素の存在や適当な温度の他に、適量の水の存在が不可欠です。すなわち、微生物の生育は、水分が減少するにしたがって阻害され、水分が一定限度以下になれば完全に阻止されてしまいます。そこで、食品の腐敗を防ぎ、保存性を良くするために古くから乾燥という方法が用いられてきました。

ところで、水分の量は同等であるのに腐敗し易い食品と腐敗し難い食品があります。たとえば、塩漬け（塩蔵法）にしたり、砂糖漬け（糖蔵法）にされている食品は、微生物が増殖し難いので腐敗せず、保存性が良くなります。乾燥法とは違って、塩蔵法、糖蔵法では未だ十分な水分が残っているにもかかわらず、なぜ微生物が増殖し難いのでしょうか？ 乾燥法、塩蔵法、糖蔵法はいずれも、微生物が利用できる水分を除去（または制御）して食品を保存する方法ですが、乾燥法が水分量そのものを減らす方法であるのに対し、塩蔵法と糖蔵法は水分量はそのままに保ちながら微生物が利用できる水の量を減らす方法なのです。微生物が利用できる水のことを、一般に「自由水」と呼んでいます。

自由水と結合水

微生物が利用できるのは、食品に含まれる水分の全てではありません。食品中の水は、その存在状態により、大きく「自由水」と「結合水」に分けられます。「自由水」とは、分子が自由に動き回ることのできる水で、0℃で凍結したり、常圧下100℃付近で気化したり、あるいは物質を溶解させることができる水のことです。微生物が利用できるのはこの「自由水」です。

これに対して、「結合水」は、食品中の他の成分（たんぱく質や炭水化物など）と水素結合で結びつき、分子の運動が束縛されている水です。このため、「結合水」は0℃でも凍結せず、高温でも気化し難く、微生物に利用されることもありません。したがって、同じ水分含量の食品であっても「自由水」が多いか、「結合水」が多いかによって微生物が増殖し易いかどうか左右されることとなります。含水率が低くても、「自由水」の割合が大きければ微生物は増殖することができます。逆に、含水率が高くても、「自由水」がほとんど無ければ微生物は増殖できないのです。

食品に食塩や砂糖を少し加えると腐敗し難くなるのは、食塩や砂糖が「自由水」と結びつくために、「自由水」の割合が小さくなるからです。

食品中の「自由水」の割合を示す指標（パラメータ）として用いられているのが水分活性（Water activity :  $A_w$ ）です。

水分活性とは

水分活性とは、同一条件下における食品の水蒸気圧を純水の水蒸気圧で除した値で、1950年代に食品学の分野に導入されました。今、ある食品、例えば鮮肉を密封容器に保存するとしま

す。そのとき、鮮肉中の水分が蒸発して容器内の空間に充満し、ついには平衡に達します。この時の密封容器内の水蒸気圧を  $P$ 、鮮肉を純水に置き換えて同様に処理したときの水蒸気圧を  $P_0$  とするとき、水分活性は次式で示されます。

$$\text{水分活性 (Aw)} = P / P_0$$

$P$  : 当該食品の水蒸気圧

$P_0$  : 純水の水蒸気圧

純水では「自由水」が 100% です。純水の水分活性は 1.00 ( $= P_0 / P_0$ ) ですから、水分活性が 1.00 に近いほど「自由水 (微生物の利用できる水)」の割合が 100% に近いことになります。

### 水分活性と微生物の増殖

上述のように、食品の水分活性は、そこに存在する微生物の生育に重要な影響を及ぼします。生育に必要な最低限の水分活性 (生育最低水分活性) は、微生物の種類によってかなりの相違があります。最も高い水分活性を要求するのが細菌で、普通 0.90 以上でないと増殖できません。多くの食中毒菌の生育最低水分活性は 0.94 以上ですが、黄色ブドウ球菌は 0.86 以上であれば生育可能です。酵母は 0.88 以上で、またカビは 0.80 以上で増殖することができ、カビが最も乾燥に強い微生物です。水分活性を 0.50 以下に抑えることができれば、あらゆる微生物の増殖を防ぐことが可能です。このように、水分活性が分かれば、どの微生物が当該食品の変敗の原因になり得るかを予測することが可能になります。

表 1 に微生物の増殖と水分活性の関係を示しました。

表 1 代表的な食品の水分活性と微生物の増殖の関係

水分活性	左欄の数値以下の水分活性で増殖が阻止される微生物の例	代表的な食品の例
1.00 ~ 0.95	グラム陰性桿菌のうちで大腸菌やシュドモナス属菌など、芽胞細菌の一部	肉と肉製品 (ハム, ベーコン, ソーセージなど), 鮮魚, 卵, 果実や野菜, パンなど
0.95 ~ 0.91	グラム陰性桿菌のうちでサルモネラや腸炎ビブリオなど, 大部分の球菌, 乳酸菌	半乾燥肉製品 (セミドライソーセージなど), 中程度熟成チーズ, 果汁など
0.91 ~ 0.87	大部分の酵母	サラミソーセージ, 長期熟成チーズ, シラス干し, 塩鮭, スポンジケーキなど
0.87 ~ 0.80	大部分のカビ, 黄色ブドウ球菌	小麦粉, 米, 豆類, フルーツケーキ, イカ塩辛など
0.80 ~ 0.75	好塩細菌	乾燥肉製品 (ビーフジャーキー, ドライソーセージなど), ジャム, マーメイド, 蜂蜜, 味噌, 醤油など
0.75 ~ 0.65	耐乾性カビ	裂きイカ, 干しエビ, ゼリーなど
0.65 ~ 0.60	好浸透圧酵母	乾燥果実, キャンディーやキャラメル, 煮干しなど

0.50	微生物は繁殖しない。	麺類，クッキーやクラッカー，乾燥野菜，乾燥全卵，香辛料，チョコレートなど
------	------------	--------------------------------------

### 水分活性の測定

水分活性の測定法には，重量平衡法（コンウェイ・ユニットを用いるグラフ挿入法など）や蒸気圧法（電気抵抗式湿度測定法など）があります。

### 食品衛生法と水分活性

食品衛生法に係る「食品，添加物等の規格基準」（昭和34年12月28日厚生省告示第370号）において，「水分活性」が規格または基準に取り入れられているものを表2に列挙します。

表2 食品衛生法に係る水分活性の規格・基準

規格・基準の種類	対象食品	規格・基準の内容
食肉製品の成分規格	乾燥食肉製品	乾燥食肉製品では，水分活性が0.87未満でなければならない。
食肉製品の保存基準	非加熱食肉製品	非加熱食肉製品は，10以下（肉塊のみを原料食肉とする場合であって，水分活性が0.95以上のものにあつては，4以下）で保存しなければならない。ただし，肉塊のみを原料食肉とする場合以外の場合であつて，pHが4.6未満又はpHが5.1未満かつ水分活性が0.93未満のものにあつては，この限りでない。
	特定加熱食肉製品	特定加熱食肉製品のうち，水分活性が0.95以上のものにあつては，4以下で，水分活性が0.95未満のものにあつては，10以下で保存しなければならない。
魚肉ねり製品の保存基準	魚肉ねり製品	魚肉ソーセージ，魚肉ハム及び特殊包装かまぼこにあつては，10以下で保存しなければならない。ただし，……（中略）……その水分活性が0.94以下である製品にあつては，この限りでない。

〔参考〕非加熱食肉製品とは，食肉を塩漬した後，くん煙し又は乾燥させ，かつその中心部の温度を63で30分間加熱する方法又はこれと同等以上の効力を有する加熱殺菌を行っていない食肉製品と定義されています。

特定加熱食肉製品とは，その中心部の温度を63で30分間加熱する方法又はこれと同等以上の効力を有する方法以外の方法による加熱殺菌を行った食肉製品と定義されています。

### おわりに

それぞれの食品の水分活性を知り，水分活性を低く抑えることができれば，食品中の微生物の増殖を抑えることができ，当該食品の賞味期限（シェルフライフ）を延長することができます。また，水分活性を正確に知ることによって，当該食品にどのような微生物が増殖するかを予測することが可能となり，最低限必要な保存料の種類や量が分かり，最少量の添加物で賞味期限をコントロールすることも可能になります。このように，日持ちの良い食品を創造する上で，水分活性のコントロールは極めて重要な要因の1つなのです。