

アサマ
NEWS

パートナ

2009-01 No. 128

バイキン博士の衛生雑談

食と微生物

21. 水分活性

1. 水分活性の定義

水分活性が食品の保存に重要な要因になることは、今では一般的な知識となっている。ある食品、たとえばサライソーセージが、ブドウ球菌の増殖を防ぐために、どの程度の水分活性をもたなければならないか、というようなことは、食品製造に携わる人たちにとって、まず検討すべき項目になっている。以前は大変な作業だった食品の水分活性の測定も、装置を使って、短時間で簡単に行えるようになった。

けれども、水分活性がそもそもどのような意味をもっているのか、ということについては、ときには、まだ理解が十分ではないようにみえる。

このことは、水分活性という概念が難しいものである、ということのほか、「水分活性」という用語自身が多分に誤解を招くような訳語であったことも関係しているだろう。「水分」には水気（みずけ）のほかに含水量という意味があり、食品工学ではその意味で使われることが多いので、「水分」と「活性」、お互いの結びつきが分かりにくい。

水分活性と訳されている、もとの言葉はwater activityであって、熱力学に由来する用語であり、そのまま訳せば「水の活動度」となる。以前は「水活量」と呼ばれていたこともあり、こちらの方が、むしろ良い訳語であったように思われる。

ある溶液のwater activity（水の活動度）は、次の式で表される。

$$aw = [p/p_0]_T$$

ここに p_0 はある温度 T での純水の水蒸気圧、 p は溶液の水蒸気圧である。純水に、食塩など何らかの溶質が入ると蒸気圧が下がるから、 aw は1より小さくなる。水が全くなければもちろん水蒸気圧は0になるので、水分活性の目盛りは0から1までの範囲となる。

食品は、塩水・砂糖水のような水溶液とは違うけれども、その中に含まれている水に様々な溶質（塩分・糖分・アミノ酸など）が溶けている溶液と考える。食品の水分活性とは、このような食品に含まれている水（溶液）の蒸気圧と純水の蒸気圧との比である。

いま、密閉容器を二つ用意し、片方には純水を、もう片方に塩漬け肉を入れたとする。ある温度で、ある時間放置した後に、水を入れた方の容器では水蒸気が飽和し、その時の相対湿度は100%になる。一方塩漬け肉を入れた容器の方は、相対湿度が高ければ肉が水蒸気を吸収し、あるいは低ければ、逆に水を蒸発して、長い時間の後には、器内の湿度がある一定の値（例えば87%）に落ち着く（図1）。このときの水蒸気圧がとりもおさずその食品のもつ蒸気圧であり、純水の飽和蒸気圧（100%）と、食品の蒸気圧との比が水分活性ということになる。

水蒸気圧が100%より低いと言うことは、純水に比べて、塩漬け肉からは水が逃げにくい、逆に言えば水を吸い取る力が強いということになる。この意味で、水分活性は、食品の吸湿力を示す指標だと言うことが出来る。

水分活性の低い食品ほど、外気から水を吸収しやすく、逆に水分活性の高い食品ほど水を外に出しやすいということが図からわかる。

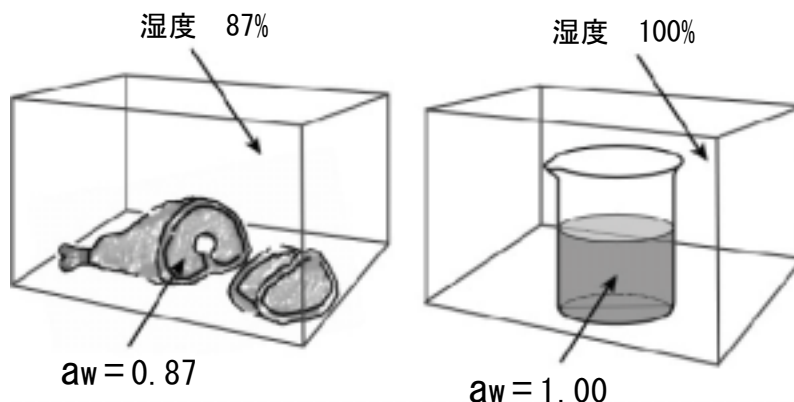


図1 水分活性の説明

2. 溶液の水分活性

水に食塩のような溶質が加わると、水蒸気圧は塩の濃度に応じて低下し、したがって水分活性も下がる。例えば、水に食塩を1.72%になるように加えると（0.3モル溶液）、蒸気圧は純水の場合よりも1%下がって99%になり、 a_w は0.99になる。さらに、食塩の量が約3.43%になると a_w は0.98になる。つまり、溶液の蒸気圧の低下率（すなわち、 a_w の低下率）は溶けている塩（溶質）のモル濃度に比例する。食塩以外の溶質に対しても同じ事がいえる。

ショ糖やグリセリンは電解質ではないが、 a_w の低下はやはりモル濃度に比例する。食塩は水に溶けてナトリウムイオンと塩素イオンに解離するので、 a_w に及ぼす効果はショ糖などのほぼ2倍になる。同じように、塩化カルシウムでは、カルシウムイオンと二つの塩素イオンに解離するから、その効果は3倍になる。

3. 微生物の増殖と水分活性

塩乾魚・サラミソーセージ・ハチミツのように、水分活性の低い食品では水が外部に出にくく、逆に外から水を吸収する傾向があり、一方、鮮肉・牛乳・野菜のような a_w の高い食品は外に水を放出する傾向が大きい。

微生物の増殖には水が必須だから、例えば塩乾魚のような水を強く吸着する食品の中では、微生物は増殖しにくくなる。つまり、ここでは微生物と食品自体による水の奪い合いがおこる。一方、鮮肉のように水分活性の高い食品は、水を外に出しやすいので、微生物は肉中の水分を容易に吸収することが出来る。

食塩、砂糖などの溶質を加えた食品は、その量に応じて水分活性は下がる。また、乾燥食品も、乾燥の程度に応じて、水分活性が下がる。このことは、食品が水の中に様々な溶質が溶けているものと考えれば理解できる。例えば、水分70%の魚肉中に、さまざまな溶質が2g含まれているとする。乾燥して、水分が半分に減れば、溶質の濃度は2倍になり、それに応じて水分活性も下がることになる。つまり、乾燥は、塩を加えるのと同じ効果をもつ。

4. 食品の水分活性

多くの食品について、水分活性の値が調べられている。近年は水分活性を測る機器が普及し、容易に、また、短時間で食品の水分活性が測れるようになったため、多くの種類の食品について、数多くのデータが報告されている。

下の表は様々な書物、資料、文献から抜粋したものである。

5. 微生物の増殖を抑える水分活性

微生物は、種類によって環境の水分にたいする振る舞いが異なる。多くのグラム陰性細菌は高い水分活性の環境を好み、環境の a_w が下がると増殖できなくなる。一方、微生物の中にはかなり低い水分環境で増殖し、 a_w が高く

表1 食品の水分活性

食品	a_w	食品	a_w
野菜・果物・鮮魚	0.98-0.99	タマゴ	0.97
食肉・牛乳		パン	0.94-0.96
魚肉ソーセージ	0.97	ジャム	0.75-0.94
アジの開き	0.96	フルーツケーキ	0.790
塩タラコ	0.915	ジュース	0.97-0.99
イカの塩辛	0.804	はちみつ	0.48-0.75
かつお削り節	0.800	チョコレート	0.3-0.6
シラス干し	0.866	お茶	0.200
煮干しイワシ	0.575	コーヒー豆	0.1-0.3
ハム	0.90-0.97	しょうゆ	0.760
ソーセージ	0.90	みそ	0.740
ドライサラミ	0.81-0.88	こしょう	0.52-0.71
バター	0.89-0.98	米	0.49-0.59
バルメザンチーズ	0.70-0.88	小麦粉	0.52-0.61
その他のチーズ	0.96-0.97	乾燥野菜	0.100

なると増殖できなくなるようなものもある。

図2に、幾つかの微生物について、標準的な培養条件の下で得られた、それぞれの微生物が増殖する最低の a_w の値を示す。

図2にみられるように、ブドウ球菌（*S. aureus*）は、好気的条件下であれば0.86という低い a_w の環境でも増殖できるが、嫌気的には $a_w=0.90$ で増殖を阻止される。ベーコン、サラミソーセージなどは、0.90近くの a_w をもつ製品が多い。このような食品については、真空包装、あるいは

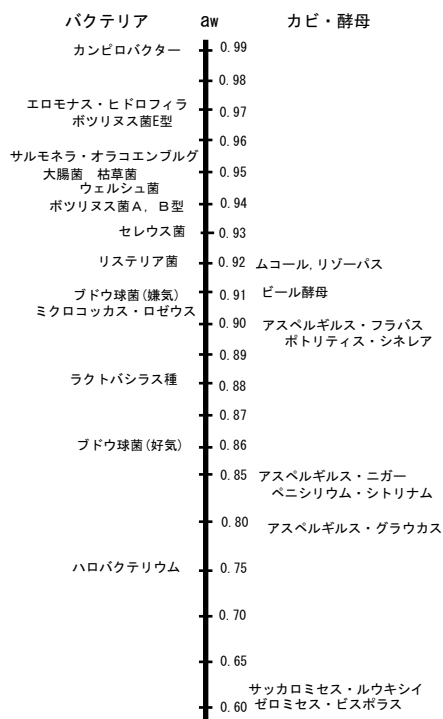


図2 微生物の増殖を抑える水分活性
注：0.60-0.85のスケールは短縮してある

は脱酸素剤の使用によって、ブドウ球菌の増殖を妨げるという利点が生ずるかもしれない

ブドウ球菌以外の食中毒細菌は0.93以上の a_w で増殖が阻止される。

カビ・酵母はバクテリアにくらべて低い a_w で増殖ができる。低い a_w で増殖することから塩分や糖分を多く含む食品、乾燥食品の保存の際しばしば問題の起こることがある。

6. 微生物の増殖と水分活性、pH、温度、溶質の種類などの相互関係

それぞれの微生物によって、増殖が可能な最低の a_w の値は異なるが、この値はまた媒質のpH、温度、溶質の種類などの環境要因によっても左右される。

温度、pHについては、微生物の増殖に不利な条件になるほど、 a_w の効果も大きく、増殖に好適な温度、pH条件の時よりも高い a_w でも微生物は阻止される。酸素分圧についても、低い条件に置くほど、カビの発育を阻止するのに必要な a_w の値が、高くすすむことが知られている。

また、 a_w によって微生物の増殖を制御しようとするときには、 a_w を下げる溶質によって個々の微生物にたいする効果が異なることは注意しなければならない。いずれにせよ、既存のデータによって予測を行うとしても、最終的には実際の食品について、対象とする微生物を使い十分な予備試験を行う必要がある。

食品加工と微生物

その42. 卵で起こりやすいサルモネラ食中毒（2）

祝の文字で起こったサルモネラ食中毒

「祝賀用かまぼこで食中毒」と題した神奈川新聞、平成14年4月24日号の記事は以下の通りである。

「足柄上保健福祉事務所に23日までに入った連絡によると、南足柄市内の食品製造会社「M商店」の祝賀用かまぼこを食べた都内などに住む1～83歳の男女計64人が下痢や発熱などの食中毒症状を訴えた。

同保健福祉事務所によると、かまぼこは、都内の会社が13日に都内で開いた記念祝賀会で、お土産として配られた特別注文品。持ち帰った社員やその家族が食べたところ、翌日から発症者が出たという。患者64人のうち千葉県男性（17）が同県内の病院に入院している。

かまぼこは、同社が11日に計230本を製造、祝賀会出席者がほぼすべて持ち帰った。実際に食べた人数は把握できておらず、同保健福祉事務所では「さらに患者が増える可能性がある」としている。

東京都の検査で、患者と未開封のかまぼこからそれぞれ、鶏卵を原因とするサルモネラ・エンテリティディスを検出。同社は20日から営業を自粛しており、同保健福祉事務所が23日から25日までの3日間、同社を営業停止処分とした。

同社が19日までに製造した一般の食品については、食中毒症状などの連絡は入っていないという。」

その後の集計では、この食中毒の患者は、いずれも4月13日に開かれた会社パーティのお土産の特注紅白かまぼこを食べた出席者、家族、知人で、摂食者173名、患123名で、発症率は71.1%（死者0名）であった。主な症状は、下痢（88.6%）、腹痛（64.2%）、発熱（55.3%）、倦怠感（43.1%）、悪寒（40.7%）などであった。潜伏期間は8～141時間（平均41時間）であった。

事件当初はパーティでの料理、お土産のケーキも疑われたが、患者は紅白かまぼこを食べたもののみでありまたSEが患者糞便と紅白かまぼこからのみ検出されたため、かまぼこが原因と考えられた（表1）。

この食中毒の原因のユニークなところは、原因菌がかまぼこに装飾のために書かれた「祝」の字の部分だけか

表1 食品などの検査結果（秋山）

検体名	検体内容	サルモネラ09	血清型別
紅白かまぼこ（未開封残品、紅）全体（※）	飾り文字部分（金箔部分含む）	+	Enteritidis
	中心部分（素材かまぼこ）	—	Enteritidis
	飾り文字部分以外の表面ふき取り	—	
紅白かまぼこ（未開封残品、白）全体（※）	飾り文字部分（金箔部分含む）	+	Enteritidis
	中心部分（素材かまぼこ）	—	
	飾り文字部分以外の表面ふき取り	—	
紅白かまぼこ摂食者検便	発症者87検体	+	Enteritidis(29検体)
	非発症者51検体	+	Enteritidis(2検体)

※飾り文字を含む、かまぼこ全体をミキシングしたもの

ら検出されるという点である。この飾り文字用すり身には無殺菌凍結卵白が用いられており、これが汚染源であったのである。かまぼこ本体の方は、図1の工程において95℃、40分の加熱がされていたが、墨に相当する卵白入りすり身の方は食品という実感がないまま、扱われていたのであろう。文字を書いた後の再加熱も、変色を避けるため、70℃、20分程度の低めの加熱であったというが、実際にはこの条件も満たされていなかったと考えられる。

生卵とゆで卵の誤解によるサルモネラ食中毒

「92人が食中毒症状-富岡の弁当店を営業停止処分」と題した朝日新聞（東京・群馬版）平成10年1月26日号によると、「県衛生食品課は、富岡市岡本の弁当店Rの弁当を食べた92人が下痢、発熱などの症状を訴えた」と発表した。48人が病院で手当を受け、12人が入院したが、症状はいずれも軽いという。

同課は、患者が共通して食べた食品がほかにないことや、弁当を検査したところ「たまご巾着」からサルモネラ菌が見つかったことから、同店の弁当が食中毒の原因と断定。同店を26日から28日までの3日間の営業停止処分とした。」

この食中毒の摂食者は885名、患者数は558名であった。主な症状は、下痢（96.8%）、腹痛（82.4%）、発熱（57.5%）、悪寒（55.7%）、倦怠感（51.3%）、などであった。患者が共通して食べた弁当の中身は、イナダのみりん醤油漬け、串かつ、たまご巾着煮、こんにゃく煮、キャベツとキュウリのゆかり和えとご飯であった（ほかに価格によりエビフライや豆コンブが加わったものもあり）。このうち、たまご巾着煮とその原料である未加熱冷凍食品の「たま

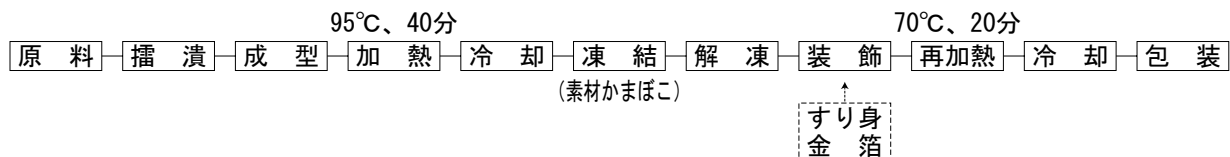


図1 紅白かまぼこの製造課程（秋山）

ご巾着」および患者糞便からサルモネラ・エンテリティディス（SE）が検出されたことから、たまご巾着煮が原因と特定された。

この食中毒発生原因の意外な点は、原料の「たまご巾着」（中国からの輸入品）は冷凍した生卵を油揚げで包んだ「冷凍前未加熱、加熱後摂取冷凍食品」であったにもかかわらず、調理者がこの卵をゆで卵の冷凍品と勘違いしたことである。そのため十分加熱せず、しかも調理後、釜のまま室温で一晩放置したため、生き残った菌が増殖し、食中毒の原因となったと考えられる。また当日の再加熱も行われなかった。いくつかの初歩的ミスが重なって起こった食中毒である。

表示を見過ごした場合、凍結状態の卵が生卵かゆで卵かを判別することは難しいので、十分な注意が必要である。

サルモネラ食中毒の予防対策

食品中でのサルモネラの増殖を抑制するためには、他の食中毒予防と同様、低温管理は有効な手段となるが、サルモネラではとくに小児や高齢者は感受性が高く、10～100個の少数菌量でも発症することがあるので、このような場合にはあまり有効ではなく、殺菌による防除が必要である。

サルモネラは乾燥や凍結には比較的強いが、熱に対しては、菌株によって異なるものの、普通は大腸菌よりやや強いと同程度と考えてよく75℃1分程度で死滅する。したがって加熱は最も有効な予防手段といえるが、鶏卵では加熱により菌が死滅する前にタンパクが凝固し、熱が内部に伝導しにくくなるので、内部に閉じこめられた菌は容易に死滅しない。そのため茹で卵では100℃10分の加熱が必要であるが、このような加熱は食味との関係で難しい面がある。

給食場やホテルなどで大規模に製造される卵焼き、だし巻き、錦糸卵などでは、液卵が使用されることが多い。未滅菌液卵ではSEやその他の微生物汚染が高く、加熱が不十分な場合には製品中に生残する可能性があり危険性が高いので、殺菌液卵を使用することが望ましい。

SE汚染の経路の一つが卵内汚染であることから、感染源である養鶏場の防除対策として、SE汚染種鶏の排除、環境や飼料、水などからの感染防止、ニワトリの免疫力強化などの対策が重要となる。また農場から出荷後の鶏

卵の徹底した衛生対策も望まれる。

上でも述べたように、卵は表面はもちろんであるが、内部もin egg汚染と言ってもともと汚染されていることがある。したがって卵の安全性確保は、そのことを前提として、生産から、加工、流通、消費段階までの一貫した対策（From farm to table）が必要となる。厚生労働省では卵によるサルモネラ食中毒ゼロを目指して、殻付卵（生食用、加工用）及び液卵（殺菌液卵、未殺菌液卵）について、農場、GPセンター（集荷場）、店舗、消費者の4段階の対策として、図2のような基準と衛生確保対策を示しているため、参考にされたい。

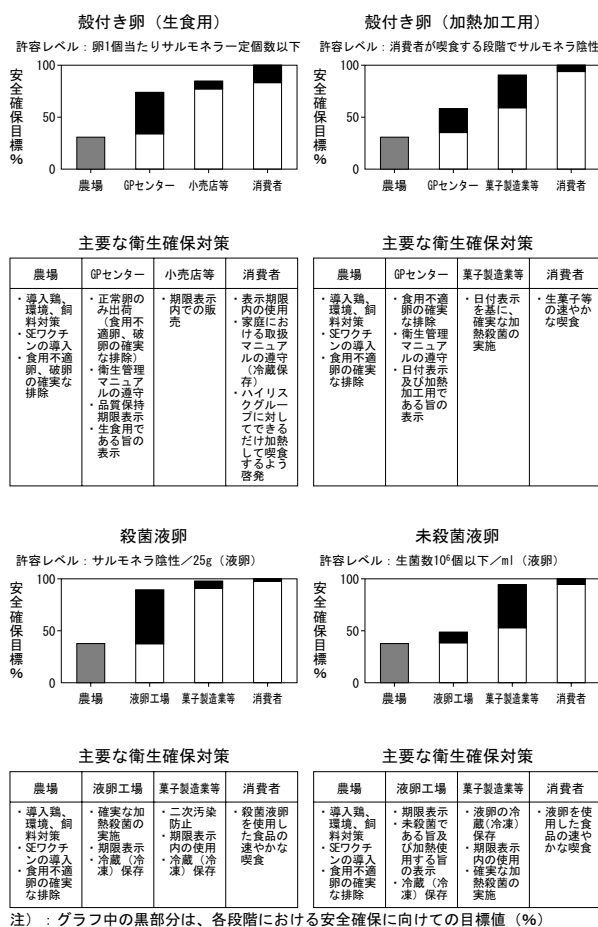


図2 殻付き卵と液卵の衛生対策（厚労省）

（藤井建夫：東京海洋大学名誉教授、
山脇学園短期大学食物科教授）

アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp
http://www.asama-chemical.co.jp

・本社／〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-3 TEL (03) 3661-6282 FAX (03) 3661-6285
・大阪営業所／〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル TEL (06) 6305-2854 FAX (06) 6305-2889
・東京アサマ化成／〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5 TEL (03) 3666-5841 FAX (03) 3667-6854
・中部アサマ化成／〒453-0063 名古屋市中村区東宿町2-28-1 TEL (052) 413-4020 FAX (052) 419-2830
・九州アサマ化成／〒811-1311 福岡市南区横手2-32-11 TEL (092) 582-5295 FAX (092) 582-5304
・桜陽化成／〒006-1815 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011) 683-5052 FAX (011) 694-3061