

水分活性の原理

「食品や他の天然製品の物理的、化学的および生物学的特性には、全含水量よりも a_w の方が、より密接に関連している、ということは、今日では一般的に受け入れられている。未加工のおよび加工済みの食品の色、芳香、風味、舌触り、安定性および受容性は、比較的小さな a_w の範囲に関連している。」

—Rockland LB & Nishi SK, Food Tech 34:42-59 (1980).

水分活性とは何か

水はほとんどの製品の安定性にとって、決定的ではないとしても、非常に重要であることがわかっている。何らかの乾燥法、あるいは化学的／構造的結合（塩漬けや砂糖漬け）による製品中の水の調節は、保存のため、人類によって長い間用いられてきた。これは、微生物腐敗だけでなく、化学的および物理的安定性も調節する。

水分含量だけでは、信頼性のある予測因子にはならない。

伝統的に、製品、あるいは原料中の水に関する考察では、水分または水の量、すなわち存在する水の全量を測定する定量的分析、あるいは容量分析に焦点が当てられる。製品の含水量は、ほとんどの人によく知られた概念である。含水量は、乾燥による減量、赤外線、核磁気共鳴分析法、あるいはカールフィッシャー滴定法によって測定される。含水量を測定することは、製品の栄養表示規定を満たし、製法を特定し、工程をモニタリングするために必要不可欠である。しかし、含水量だけでは、微生物反応、および物質中の化学反応を確実に予測することはできない。

化学的に結合した水は、微生物が利用できない。

製品中の他の成分と水の結合している強度が異なるため、安全性と品質の指標として含水量を用いることには限界がある。安全な製品の含水量は、製品や剤形によって異なる。

15%の水を含む、安全で安定した製品もあれば、8%の水しか含まないが、微生物が増殖しやすい製品もある。より湿った製品は、それと比例してより多くの水を含むが、水が他の成分と化学的に結合していれば、微生物が利用できない。含水量だけを用いても、微生物の増殖を促進するため、あるいは製品の品質に影響を及ぼすため、製品の水がどれくらい「利用できる」のかを知ることはできない。

水分活性は、品質や安全性の問題に対して、最も関連が深い。

もう一つの、もっと重要なタイプの水に関する分析は、水分活性 (a_w) である。水分活性は、試料中の水のエネルギー状態、あるいは水が流出する傾向を表す。水分活性は、製品中、水がどのくらい密接に、構造的および化学的に「結合して」いるかを指し示している。試料中の水の状態を、十分に説明するためには、試料の含水量も水分活性も、両方、特定しなければならない。しかし、水分活性は、品質や安全性の問題に対して、最も関連の深い特質である。水分活性は、システム中の部分的な特定のギブズ自由エネルギーと深い関係がある。従って、水分活性は熱力学的な概念であり、測定に当たって必要な条件がある。その必要条件とは、システムが平衡であること、温度が定義されていること、そして標準状態が特定されていることである。純水は、基準または標準の状態としてとらえられ、それをもとに、食品系のエネルギー状態が測定される。遊離水のギブズ自由エネルギーは0であり、従って、水分活性は1.0となる。

水分活性は蒸気圧の比率である。

水分活性は、同温における純水の蒸気圧 (p_0) に対する、物質中の水の蒸気圧 (p) の比である。大気の相対湿度は、飽和蒸気圧に対する、大気の蒸気圧の比率である。蒸気と温度が平衡に達すると、試料の水分活性は、密閉された測定容器の試料を取り囲む気体の相対湿度と等しくなる。水

分活性に 100 を掛けると、パーセント表示で平衡相対湿度 (%) が得られる。

$$a_w = p/p_o = \text{ERH} (\%) / 100$$

上の式に示されたように、水分活性は蒸気圧の比率であり、したがって単位をもたない。水分活性は 0.0 a_w (絶対乾燥) から 1.0 a_w (純水) の範囲まで及ぶ。

「結合した」水は完全には固定化されていない。

水分活性は、しばしば、製品中の「結合」して「自由な」水の量として示される。これらの語は、概念化しやすいが、水分活性の概念を全面的に定義することはできない。「自由な」水は、エネルギーを減少させるような、どのような力も受けない。よって、食品中の水は全て、「結合」した水である。問題は、水が「結合」しているかどうかではなく、どのくらい強く「結合」しているか、である。水分活性は、水がどのくらい強く「結合」しているかの尺度であり、システムから水を除去するのに必要な労力に関係している。「結合」した水は、完全に固定化されている、と考えるべきではない。基本的には、微生物学および化学的な変化は、この「結合」したエネルギー状態に関連している。水は、様々なエネルギー状態で存在しているので、試料中の全含水量を測定するための分析方法は、安全性や品質に、いつも一致したり、関連したりするとは限らない。水分活性こそが、本当の状態を説明している。

「今では、 a_w は、微生物の増殖、および酵素反応に必要な水の量を表す、最も便利な表現法であるということが、広く受け入れられている。溶質濃度や、含水量での代用は、ある種の細菌の、増殖のために利用可能な水の量を表すには、不十分であることが、極めて明かに Scott (1962 年) によって示されている。」

Troller JA, & Christian JHB, Water Activity—Basic Concepts. in Water Activity and Food, (Academic Press, New York, 1978), 第 1 章, 1-12 ページ。

※この書籍は日本語に翻訳され発売されている。水分活性の基礎を学ぶには最適な書籍である。『食品と水分活性』(学会出版センター、1981/12)

「結合」した、あるいは「自由な」水は、あまり便利な表現法ではない。

システム中の水分活性を調節する、いくつかの要因 (浸透圧、基質、毛細管) がある。水のエネルギーを減少させ、試料上の純水に対する蒸気圧を減少させるのは、製品中のこれらの要素の組み合わせである。浸透圧と基質の相互作用の強度が異なるため、水分活性は、静的な「結合性」ではなく、システム中の水のエネルギー状態の連続体を表す。「結合」や「自由」という語は、連続体を個別の状態という点で分類してしまうので、あまり便利な表現法ではない。

水分活性測定器には、2 通りの方法が可能である。

水分活性を直接測定する装置で製品化できるようなものはない。むしろ、 a_w は間接的な方法によって測定される。試料中の液相の水と、密閉された容器の上部空間の気相の水を、平衡状態にさせ、上部空間の相対湿度を測定することにより、水分活性は測定される。水分活性測定方法の詳細は、『AOAC インターナショナルによる分析の公式方法 (Official Methods of Analysis of AOAC International)』(1995 年) に記されている。新しい装置の技術は、測定速度、正確度および信頼度が、大いに改善されている。製品の安全性を保証し、政府の規則を実施するためには、信頼できる実験器具類が必要とされる。2 種類の水分活性測定器が市場で入手可能である。一方は、チルドミラー露点技術を用い、他方は、電気抵抗または静電容量を変化させる、相対湿度センサーを利用している。それぞれの方法には、長所と短所がある。方法により、正確度、反復可能性、測定速度、目盛り修正の安定性、直線性および使用上の便利さが異なる。

チルドミラー露点測定方式



チルドミラー露点測定方式では、試料はセンサーのブロックに対して密閉された試料カップに入れられる。センサーブロック内には、露点センサー、赤外線試料温度センサーおよびファンがある。露点センサーは、気体の露点温度を測定し、

赤外線試料温度センサーは、試料温度を測定する。これらの測定値から、上部空間の相対湿度が、試料温度での飽和蒸気圧に対する、露点温度の飽和蒸気圧の比として計算される。試料の水分活性と、気体の相対湿度が平衡状態にあるとき、上部空間の湿度の測定によって、試料の水分活性が求められる。ファンは平衡に達する速度を上げ、露点センサーの境界層伝導度を調節する。

5分未満の水分活性測定

チルドミラー露点測定方式の主な利点は、速度と正確度である。チルドミラー露点測定法は、根本的な熱力学的原理に基づいて、相対湿度を測定する主要な方法である。チルドミラー露点式装置では、5分未満で、正確な($\pm 0.003 a_w$)測定値が得られる。計測は、温度の測定に基づいているため、目盛り修正は不必要であるが、標準塩溶液の分析によって、装置が適切に機能しているかが確かめられる。もし問題があれば、鏡面は簡単に取り出すことができ、数分以内にきれいにすることができる。製造者の使い方によっては、迅速な測定により、製品の水分活性を生産ライン上でモニタリングすることができる。

電気式湿度計



他の水分活性測定器は、相対的湿度を測定するのに、電気抵抗または静電容量センサーを用いる。これらのセンサーは、吸湿性ポリマーと平衡相対湿度 (ERH) に関する信号を送る付随電気回路でできている。市販されている装置は、 $\pm 0.01 a_w$ の正確度で、全範囲の a_w を測定する。

これらの装置は、電気信号を相対湿度に関連付けるので、センサーは、既知の標準塩で目盛りを調整しなければならない。その上、試料とセンサーの温度が同じであるときに限って、平衡相対湿度は試料の水分活性と等しくなる。正確な測定のためには、温度をよく管理し、正しく測定することが必要とされる。電気容量センサーの利点としては、デザインが簡素であること、導入が安価であることなどがある。

製品の安全と品質のための水分活性

含水量は、微生物増殖の変動を十分に説明できない、ということが明らかになってから、品質と安定性の尺度として、水分活性の有用性が示唆されるようになった。水分活性は、システム中の水のエネルギー状態を測る尺度である。水分活性 (a_w) の概念は、何十年の間、微生物学者と食品技術者に用いられ、安全性と品質のために、最も使われている基準である。水分活性の有用性は否定できない。

安全性と安定性の予測

水分活性は、微生物の増殖、化学的および生物学的反応速度、そして物理的特性に関する安全性と安定性を予測する。図 1(5 ページ)は、水分活性の関係としての微生物の増殖限界と、分解反応の速度に関する安定性を表している。したがって、水分活性を測定し、管理することで、次のことが可能になる。

- どの微生物が、腐敗と感染の潜在的な原因になるかを予測する。
- 製品の化学的安定性を維持する。
- 非酵素的褐変反応、および自発的で自己触媒的な脂質酸化反応を最小限にとどめる。
- 酵素とビタミンの有効性を延長する。
- 水分移動、食感および有効期間のような、製品の物理的特性を最適化する。

微生物の増殖

微生物は最低生育水分活性をもち、それより少ない水分活性では増殖しなくなる。含水量ではなく、水分活性が微生物の増殖のために「利用可能な」下限を決定する。細菌、酵母、カビは、増殖を維持するため、特定の量な「利用可能な」水を要求するので、臨界値の a_w 未満の製品を考案することは、増殖を制御する効果的な手段になる。製品中、水がたとえ多量で存在したとしても、水のエネルギー量(水分活性)が十分に低ければ、微生物は、増殖を維持するために水を消費することはできない。この「砂漠状」の条件は、微生物と局所的な環境の間に、浸透圧の不均衡を作り出す。結果として、微生物は増殖することができずに減少し、結果的には死に絶える。

微生物の増殖の制限

温度、pH およびいくつかの他の要因が、微生物が製品中で増殖するかどうか、および、その増殖速度に影響を及ぼし得るが、水分活性はしばしば最も重要な要因である。微生物を抑制する条件を確立するため、水分活性は、温度、pH、酸化還元電位などのような他の保存要因（ハードル）と組み合わせられているかもしれない。大多数の病原性細菌の増殖を制限する水分活性値は $0.90 a_w$ 、腐敗性カビでは $0.70 a_w$ 、そして、全微生物にとっての下限は $0.60 a_w$ である。表 1（最終頁）には、公衆衛生上で重要な微生物の増殖の最低生育水分活性、およびこれらの範囲の製品の例を挙げている。

化学的／生化学的反応性

水分活性は、微生物学的腐敗だけではなく、化学反応および酵素反応にも影響を与える。水は化学的反応性に、様々な方法で影響を及ぼし得る。水は溶媒や反応物として作用するかもしれないし、あるいはシステムの粘性に影響を及ぼして、反応物の流動性を変化させるかもしれない。水分活性は、非酵素的褐変、脂質の酸化、ビタミンや他の栄養素の分解、酵素反応、タンパク質の変性、デンプンの糊化およびデンプンの老化（図 1 参照）に影響を与える。典型的に、水分活性値が下げられると、化学的分解反応の速度は低下する。

物理的特性

様々な化学反応および酵素反応の速度を予測することに加え、水分活性は、食品の食感の特性に影響を及ぼす。高い a_w をもつ食品は、しっとり、ジューシー、やわらかいおよびコシがある、と表現される食感を持つ。これらの製品の水分活性が下がると、堅い、乾いた、古くなった、およびかみ切れない、などの好ましくない食感上の性状が現れる。低い a_w をもつ製品は、通常サクサクやカリカリなどと表現される食感の特徴をもち、これらの製品の a_w が高くなると、湿気た食感に変化する。臨界水分活性は、製品が食感上の観点から、許容できなくなる値を決定する。

固化、凝集化、崩壊、粘着化

水分活性は、保存中の粉末や脱水食品の安定性に影響を与える重要な要因である。粉末製品の水分活性を管理することにより、本来の製品の構造、食感、安定性、密度および再水和特性を維持することができる。含水量と温度の関数として、粉末の水分活性について知っておくことは、加工、取り扱い、包装および保存中に、固化、凝集化、崩壊および粘着化などの有害な現象を防ぐために、必要不可欠である。固化は、水分活性、時間および温度に依存性で、重力下において、粉末の崩壊現象に関連している。

水分移動

水分活性は、水のエネルギー状態の尺度であるので、構成成分間での水分活性の違いは、システムが平衡に達するにつれて、水分移動の駆動力になる。したがって、水分活性は、多成分製品の水分移動を管理するに当たって、重要なパラメーターとなる。中身の詰まったおやつや、ドライフルーツ入りのシリアルなど、食品によっては、異なる水分活性をもつ構成成分を含んでいる。定義上、水分活性は高い a_w の領域から低い a_w 領域へと水分が移動するように作用するが、移動速度は様々な要因によって決まる。好ましくない食感の変化は、多成分食品の水分移動の結果として起こり得る。例えば、高い a_w のドライフルーツから低い a_w のシリアルへと移動する水分は、シリアルを湿気させる一方で、フルーツを硬く乾燥させる原因となる。

水分活性が平衡に達するまで、物質間で水は順応する

成分間あるいは成分と環境の湿度間での水分活性の違いは、水分の移動の駆動力にある。水が特定の成分から吸収されるか、放出されるかについての知識は、特に物質が湿度に敏感な場合、分解を防ぐために必要不可欠である。例えば、含水率 2% の成分 1 と 10% の成分 2 が同じ量だけ混合されるとすると、成分間で水分の交換が起こるだろうか。混合物の最終含水量は 6% となるが、成分 1 と 2 の間で水分は交換されただろうか。その答えは、二つの成分の水分活性によって決まる。もし二つの成分の水分活性が等しいなら、二つの成分間で、水分は交換されない。また、同じ含水量の二つの成分が混合されたとき、互換性はないであろう。もし、水分活性は異なるが、含水率は等しい二

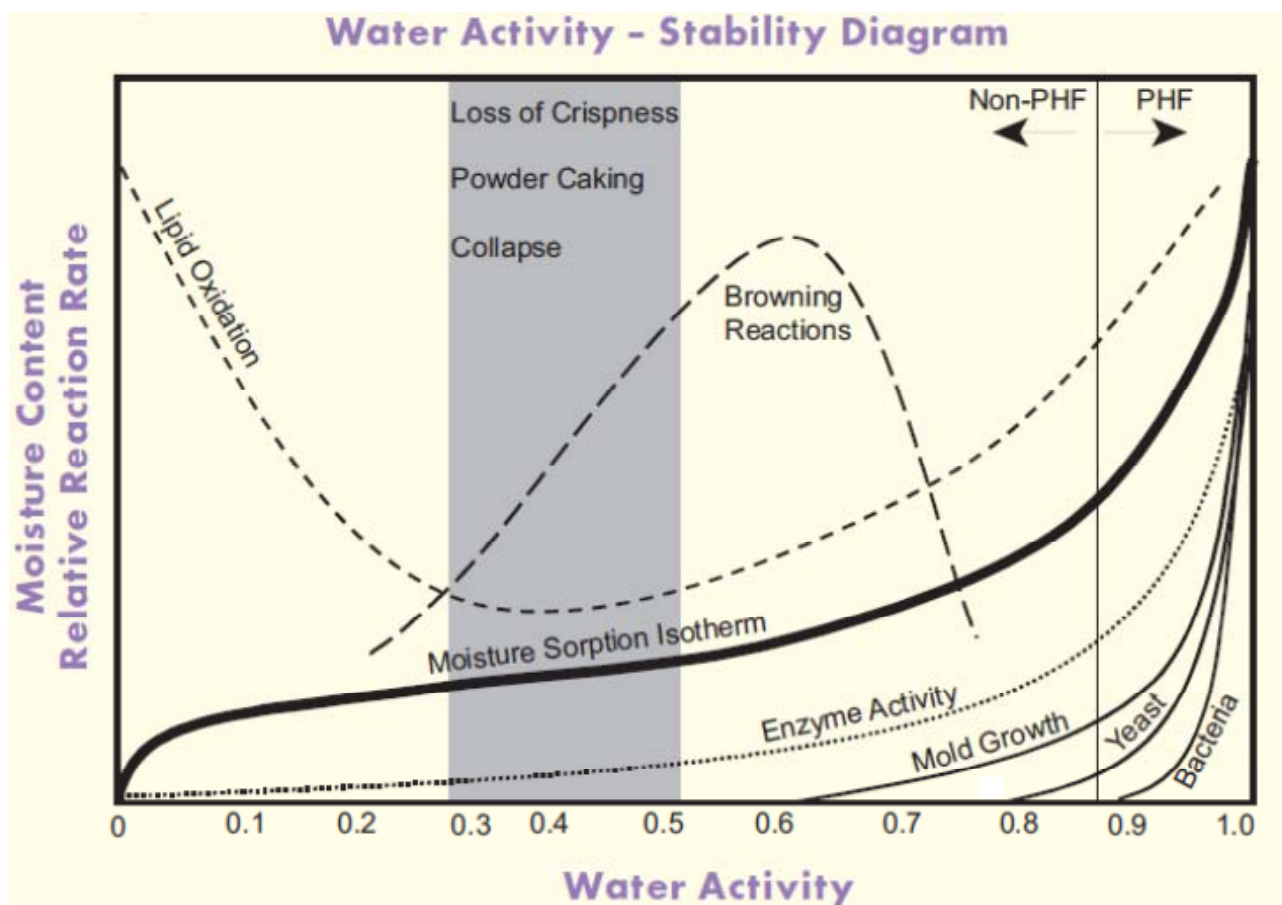
つの物質が混合されたなら、水分活性が平衡に達するまで、水は物質間で順応する。

有効期間／包装

水分活性は、製品の有効期間を決めるのに重要な要素である。臨界的な水分活性の上限および下限は、食品では、微生物、食感、風味、見た目、芳香、栄養および調理上の品

質という点で、設定することができる。パッケージを通した水分の交換速度および臨界値に向かう食品の a_w の変化速度は、製品の有効期間を決定する。温度、周囲の相対湿度および臨界 a_w 値について知っておくことは、品質と有効期間を最適化するため、適切なバリア機能をもつパッケージを選択するのに役に立つ。

図 1：水分活性と安定性に関するダイアグラム



X軸：水分活性、Y軸：含水量、相対的反応速度

Lipid Oxidation(点線中)：脂質の酸化、Browning Reactions(点線長)：褐変反応、
 Moisture Sorption Isotherm(太線)：吸湿等温線、Enzyme Activity(点線短)：酵素活性、
 Mold Growth(標準線左)：カビの増殖、Yeast(標準線中)：酵母、Bacteria(標準線右)：細菌、
 Loss of Crispness：サクサク感の消失、Powder Caking：粉末の固化、Collapse：崩壊

アメリカ政府順守事項

アメリカ合衆国における食品・医薬品・化粧品法は、食品が汚染されておらず、健康によく、食べるのに安全であり、衛生的な条件下で生産され、また、薬品や医療機器が使用目的上、安全で効果的であり、化粧品が安全で適切な原料から生産されており、ラベルや包装が誠実で情報価値があり、ごまかしがない等を消費者に保証することを意図としている。連邦食品・医薬品・化粧品法を施行するためには、現代の科学的方法が必要とされる。食品の健全性および薬品の安全性と有効性を保証するための法律は、製品が基準を満たしているかどうかを決める、実験室における分析の信頼できる方法なしでは実行不可能であろう。

適正製造基準

アメリカ合衆国は、世界中で、最も安全に食品が供給されている国の一つである。アメリカ食品医薬品局（FDA）の適正製造基準（GMP）法は、食品安全規則を定めるにあたって、水分活性の指針を組み入れている。食品が衛生的な条件下で生産され、汚染されておらず、健康的で安全に食べられることを保証するため、GMP法は、製造者が従うべき特定の必要条件および実施法に関し

て詳しく述べている。連邦規制基準第 21 編の適用可能な GMP 法の特定の部分や段落には、管理方法や食品の安全性に関して、 a_w が用いられている。しかし、GMP だけ、あるいは規制当局の活動だけでは、完全に安全な食品供給を保証することはできない。結果として、食の安全を改善し、食品に起因する病気の発生率を減らすために、科学に基づいたシステムである危害分析重要管理点（HACCP）が設定された。

製造過程での検出

HACCP は、食品産業が問題を管理および予防し、生産ラインの最後に問題を検出するのではなく、始めから終わりまで製造過程を管理することによって、安全な食品を保証するための方法である。食品製造過程のどこでハザードが

発生する可能性があるのかを確認し、ハザードが発生するのを防ぐための対策を導入する。例えば、有害な微生物が増殖するのを予防するため、目標の水分活性が設定されなければならない。微生物学的、化学的および物理的汚染などの主要な食品のリスクを管理することによって、事業は消費者に製品が安全であることを、よりよく保証することができる。

潜在的に危険性の高い食品

潜在的に危険性の高い食品（PHF）という語は、20 世紀後半、アメリカ合衆国食品衛生局によって、腐敗しやすい食品を規制するために生まれた。潜在的に危険性の高い食品とは、病原性微生物の増殖や毒素産生を制限するために、安全のための期間または温度を管理する必要のある食品

（TCS）のことである。食品の水分活性が、 $0.85a_w$ であるとき、つまり、黄色ブドウ球菌の増殖や毒素産生のための水分活性より低いとき、あるいは、pH が 4.6 であるとき、つまり、タンパク質分解性ポツリヌス菌の増殖と毒素産生のための pH より低いとき、その食品は非 PHF であると考えられた。



科学に基づいた新しい基準

2005 年版の食品基準は、食品を非 PHF 食品、または非 TCS 食品と指定するかどうかの判断にあたって、 a_w と pH の相互作用を考慮した、科学に基づいた基準を用いて、PHF を定義するように更新されている。相互作用表 A と B は、熱処理と包装の特定の条件下における a_w と pH の相互作用に検討している。単独では効果がないが、相互作用が働くと、ハードル効果が病原体を制御、または除去する。栄養細胞を破壊する熱処理の効果と再汚染を防ぐ包装の効果が検討されている。

0.85_{a_w} 以下は、病原性細菌の増殖を維持できなくする
 アメリカ合衆国農務省(USDA)と食品安全調査局(FSIS)もまた、加熱処理済みの常温保存可能な獣肉および鶏肉製品に関する包括的 HACCP モデル 10 において、水分活性を用いている。科学的に、全ての病原性細菌は水分活性が 0.86 になると、増殖を止めることが実証されている。HACCP モデルには、「製造者は、常温保存のために適切な乾燥および安全性の尺度として、水分タンパク質比 (MPR) を用いるべきではない。それぞれの病原体の増

殖の抑制に最も関連があるのは、製品の水分活性である。」と述べられている。したがって、水分活性が 0.85 以下のジャーキーが生産されたら、製品はいかなる病原性細菌の増殖も維持できなくする。製品の水分活性を 0.80 以下まで乾燥させることが、製品をより安全にするわけではない。製品は、消費者に対する魅力が少なくなり（硬くかみ切れなくなるので）、ジャーキーが重量を基準に売られるために収益が減少する。

相互作用表 A

表 A 栄養細胞の破壊のため加熱処理された後に包装された食品の芽胞を制御することを目的とする pH と a _w の相互作用。			
a _w 値	pH 値		
	4.6 以下	> 4.6 -5.6	>5.6
0.92 以下	非 PHF* / 非 TCS**	非 PHF / 非 TCS	非 PHF / 非 TCS
> 0.92 - 0.95	非 PHF / 非 TCS	非 PHF / 非 TCS	PA***
> 0.95	非 PHF / 非 TCS	PA	PA

* PHF は、「潜在的に危険性の高い食品」を指す。
 ** TCS は、「安全のための期間または温度を管理する必要のある食品」を指す。
 *** PA は、「製品評価が必要」の意味。

表 A は、加熱処理済み包装食品が、PHF、非 PHF、あるいは製品評価が必要、のどれかを定めるのに用いられる。食品は、栄養型病原体を除去するため、食品規則の第 3-401. 11 項（部分加熱ではない）の調理に関する必要事項を満たさなければならない。芽胞形成病原体が、唯一残った、懸念すべき生物学的ハザードである。食品は、再汚染を防ぐために包装されている。したがって、高い pH と a_w の組み合わせが支障なく容認され得る。

相互作用表 B

表 B 非加熱食品、あるいは加熱済みで未包装の食品の栄養細胞および芽胞を制御することを目的とする pH と a _w の相互作用。				
a _w 値	pH 値			
	< 4.2	4.2-4.6	> 4.6-5.0	>5.0
<0.88	非 PHF* / 非 TCS**	非 PHF / 非 TCS	非 PHF / 非 TCS	非 PHF / 非 TCS
0.88-0.90	非 PHF / 非 TCS	非 PHF / 非 TCS	非 PHF / 非 TCS	PA***
> 0.90-0.92	非 PHF / 非 TCS	非 PHF / 非 TCS	PA	PA
> 0.92	非 PHF / 非 TCS	PA	PA	PA

* PHF は、「潜在的に危険性の高い食品」を指す。
 ** TCS は、「安全のための期間または温度を管理する必要のある食品」を指す。
 *** PA は、「製品評価が必要」の意味。

表 B は、非加熱または加熱済みだが未包装の食品が、PHF、非 PHF または製品評価が必要、のどれかを定めるのに用いられる。加熱されていない食品は、栄養細胞および病原性芽胞を含んでいる可能性がある。加熱済みで包装されていない食品は、再汚染される可能性がある。表 B で検討される pH 値は、黄色ブドウ球菌が増殖できるレベルである、4.2 を含まなくてはならない。

水分活性と食品中の微生物増殖*

a_w の範囲	その範囲の最小 a_w で一般に抑制される微生物	その範囲の一般的な食品
1.00-0.95	シュドモナス属、エシェリキア属、プロテウス属、シゲラ属、クレブシエラ属、バシラス属、ウェルシュ菌、酵母の一部	非常に痛みやすい（生鮮）食品、缶詰の果物、野菜、肉、魚、および牛乳
0.95-0.91	サルモネラ属、腸炎ビブリオ、ボツリヌス菌、セラチア属、ラクトバシラス属、ペディオコッカス属、カビの一部、酵母（ロドトルラ属、ピチア属）	チーズの一部（チェダー、スイス、ミュエンスタ、プロヴォローネ）、塩漬け肉（ハム）
0.91-0.87	多くの酵母（カンジダ属、トルロブシス属、ハンセヌラ属）、ミクロコッカス属	燻製肉（サラミ）、スポンジケーキ、乾燥したチーズ、マーガリン
0.87-0.80	多くのカビ（マイコトキシン産生ペニシリウム）、黄色ブドウ球菌、多くのサッカロミセス属（バイリイ）、デバリオミセス属	ほとんどの果物ジュース濃縮果汁、加糖練乳、シロップ
0.80-0.75	多くの好塩性細菌、マイコトキシン産生アスペルギルス	ジャム、マーマレード、マジパン、砂糖漬けフルーツ
0.75-0.65	好乾性カビ（アスペルギルス・チェバリエリ、アスペルギルス・カンディダス、ワレミア・セビ）、サッカロミセス・ビスポラス	ゼリー、糖液、生のサトウキビ、一部のドライフルーツ、ナッツ
0.65-0.60	好濃性酵母（サッカロミセス・ルークシイ）、少数のカビ（アスペルギルス・エキヌラタム、モナスカス・ビスポラス）	15-20%の水分のドライフルーツ、一部のトフィーとキャラメル、蜂蜜
0.60-0.50	微生物の増殖なし	乾燥したパスタ、スパイス
0.50-0.40	微生物の増殖なし	全卵粉
0.40-0.30	微生物の増殖なし	クッキー、クラッカー、パン粉
0.30-0.20	微生物の増殖なし	全脂粉乳、乾燥野菜

Adapted from L.R. Beuchat, Cereal Foods World, 26:345 (1981)

©2006 Decagon Devices, Inc. All rights reserved