

アサマ NEWS パートナ

2022-9 No.210

食品の微生物変敗と 防止技術

(49) 酸性杏仁豆腐の微生物変敗と制御

1. 微生物の生育pHと杏仁豆腐の微生物変敗

1. 1 微生物の生育とpH

食品は酸性から中性を示す食品がほとんどなので、食品との関連を考える際には微生物の最適生育pHの他に生育下限pHが重要である。微生物の生育速度及び生育量は最適生育pHの両側で急速に低下する。細菌は大部分が中性に近いpHで最も良く生育し、一般的に食品変敗細菌の生育は耐酸性細菌以外はpH5.0以下では抑制される場合が多い。しかし、杏仁豆腐はクエン酸でpH調整しているのでpHは3.5～3.7にあるが、*Clostridium*と*Bacillus*により膨脹等の変敗現象が生成している。

*Bacillus*の芽胞発芽は中性から微アルカリ性のpH6.5が最適で、pH6.0以下になると急速に発芽しにくくなる。*Clostridium perfringens*の芽胞形成はpH6.5以下では阻害され、低pHでは芽胞は形成されない。

カビはpH2.0～8.5の広い範囲で生育できるが、大半はpH5.0以下の酸性領域が生育に適している。生育と同様にカビの胞子の発芽はpH3.0～7.0の間で行われる。*Aspergillus oryzae*の胞子はpH4.5～7.5の間でほとんど同等に発芽するが、pH3.0以下ではほとんど発芽せず、*Aspergillus brasiliensis*の胞子発芽の最適pHは6.2であり、pH7.2以上では発芽しない。

酵母はアルカリ性領域では生育に適応しない場合が多く、大半の生育最適pHは4.0～5.5である。*Zygosaccharomyces rouxii*は無塩～1モル食塩含有ではpH3.0～7.0の間で生育するが、食塩濃度が2モル以上存在すると生育pH域が4.0～5.0に限定される。

乳酸菌はかなりの酸性領域で生育できる菌株があるが、しかし自ら生産する酸によるpHの低下で生育は抑制される。通常の生育下限pHよりも若干低いpHまで最終pHが低下する場合がある。これは生育と生産にずれがあり、生育が停止した後なお生産が続けられるためである。

*Escherichia coli*はpH4.5～9.0の間で生育することができ、タンパク質分解菌はアルカリ性食品にも生育する。食品の変敗カビ、酵母の増殖下限は1.0～3.0になる。一般的に微生物はpH等の環境条件が悪化して生育できない条件になっても、細胞内部のイオン環境を維持するのに必要なエネルギーが得られるときは、長期間にわたって生存しており、それがなくなると死滅する。耐酸性の発酵乳用乳酸菌は、通常pH5.0～6.0の範囲においては比較的安定であるが、pHが5.0以下になると*Lactobacillus acidophilus*、*L.bulgaricus*等の死滅は著しく、この場合保存温度の影響が大きく、同一pHにおいても高温ほど死滅速度が大きく、5℃のような低温では低pHにおいても死滅速度は小さい¹⁾。

1. 2 微生物の酸性食品中でのpH調整機構

生育した食品のpHによって生存を可能にするために、微生物酵素生産量が異なる場合が多い。*Escherichia coli*がpH4.5～6.0で生育するとグルタミン酸脱炭酸酵素が多く生産され、pH7.0～8.0のアルカリ性ではグルタミン酸デアミナーゼがより多く生産されるのは、環境中のpH調整により生存を可能にするためである。

微生物の細胞内のpHは、環境中のpHが変化しても中性に近い狭い範囲にとどまるように、pH恒常性機構が働いている。

一般的に*Escherichia coli*の生育範囲はpH5.0～8.5であるが、細胞内のpHは7.6～8.0の範囲にある。しかし細胞外pHの急激な低下は酸ストレスとして、細胞の生存性に影響する。一度過酷なpHに晒すと、酸抵抗性が増加し、pH7.7で生育した*Salmonella Typhimurium*細胞を先にpH5.8に晒しておくことで細胞の酸抵抗性が

増加する。これは酸抵抗性応答と呼ばれ、この適応期間に、一部の酸ショックタンパク質が形成される。

大部分のグラム陰性細菌及びグラム陽性細菌の生育下限pHは4.0～5.0であり、例外として*Tiobacillus thiooxidans* (硫黄細菌)や*Acetobacter aceti* (酢酸菌)の中にはpH4.0以下で生育できる菌株がある。酵母の生育下限pHは2.0～3.0であり、カビの生育下限pHは1.0～3.0である場合が多い²⁾。

*Salmonella*の増殖が起こる下限のpHを種々の酸で検討した結果、各種pHに調整したトリプトン、酵母エキス、グルコースブロスに*Salmonellae anatum*、*Stennessee*、または*S.senftenberg*を接種して培養して10倍以上の増殖が認められた最低pHを表1に示した³⁾。

表1 酸によるサルモネラ生育最低pH³⁾

酸の種類	サルモネラが生育最低のpH
塩酸	4.05
クエン酸	4.05
酒石酸	4.10
グルコン酸	4.20
フマル酸	4.30
リンゴ酸	4.30
乳酸	4.40
コハク酸	4.60
グルタル酸	4.70
アジピン酸	5.10
ピメリン酸	5.10
酢酸	5.40
プロピオン酸	5.50

塩酸とプロピオン酸では増殖の下限のpHに1.5近くの差異がある。*Aeromonas hydrophila*について種々の酸の増殖に及ぼす影響を検討した結果、用いた6種類のいずれの酸でも5℃ではpH5.0では全て増殖が阻止された。しかし19℃では塩酸と硫酸のみが生育し、酢酸、乳酸、クエン酸、コハク酸ではいずれも生育が阻止された⁴⁾。

2. 酸性杏仁豆腐の微生物変敗と制御

2. 1 微生物の共存による変敗

*Bacillus*と*Clostridium*が共存して食品を変敗させる酸性食品の代表的なものが杏仁豆腐である⁵⁾。

杏仁豆腐はpH3.5～3.7の製品で、これまで当該業界では古くから酵母、乳酸菌や*Clostridium*による変敗は認められてきたが、今回*Bacillus*と*Clostridium*の共存による膨脹現象が生成した。杏仁豆腐は寒天、赤えんどう豆、フルーツ、液糖、クエン酸を添加して80～90℃で30～60分間加熱殺菌している。*Bacillus*の中には嫌氣的に糖やでん粉を消費し、増殖できる菌が存在する。これらの細菌は特有の発酵を行い、2,3ブタンジオール、グリセロール、炭酸ガス、乳酸、エタノール、アセトン、酪酸、ギ酸、水素を生成する。膨張した杏仁豆腐より分離された*B. subtilis*はグルコースを嫌氣的には発酵できないが酸素存在下では2,3ブタンジオールを生産した。*Paenibacillus polymyxa*は嫌氣的に糖、でん粉を発酵して2,3ブタンジオール、エタノール、炭酸ガス、ギ酸、アセトン、水素を生産し嫌気下で窒素を固定した。

これまで杏仁豆腐の膨脹製品から耐熱性芽胞菌が検出されてきたがほとんどが*Clostridium pasteurianum*であった。今回、主原因菌として3種類の*Clostridium*(*Cl. pasteurianum*、*Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum*、*Cl. butyricum*)を分離した。この分離した*Clostridium*は発酵性の炭水化物を含まない培地での生育は不良であるが、でん粉様の多糖を予備物質として合成する。さらにこれらの菌の特徴は非常に活発に窒素を固定する。膨張した杏仁豆腐より5菌株の耐熱性芽胞菌を分離した(*Clostridium* 3

菌株、*B.subtilis*、*P.polymyxa*)。

杏仁豆腐のこの5菌株を単独あるいは組み合わせで接種して保存試験を行って結果、これらの3種類*Clostridium*単独あるいは組み合わせでは若干の膨張は認められるが著しい膨張にはならない。これらの酪酸菌に*P.polymyxa*を組み合わせた時に著しい膨張現象を認めた。杏仁豆腐はpHが低い為に*Bacillus*の生育は遅いが、まず嫌気下で生育できる*P.polymyxa*が生育して酸素を消費した結果、発酵生産物(炭酸ガス等)を生成し、窒素を固定して嫌気状態を作り出し、その結果、*Clostridium*が生育しやすくなり、ガスを生成し、膨張品を発生すると共に酸を生成してさらにpHが低下した。*B.subtilis*単独接種では同様の結果が得られないので発酵性の*P.polymyxa*のみがこのような発酵促進効果があり、膨張現象を促進した。

嫌気性菌は培養において炭酸ガスを要求することが多い。*P.polymyxa*は嫌気的条件下で炭酸ガスを生産して*Clostridium*の生育を促進したことも考えられる。

*Bifidobacterium longum*はミルク分解培地では、窒素ガスを通気して嫌気状態にしても増殖せず、20%の炭酸ガスを含む嫌気ガスを通気すると多糖生産と生育が増大する⁶⁾。

乳酸菌と酵母の相互作用により乳酸菌の生産するケフィランの生産性が向上した原因は、酵母の乳酸資化による乳酸菌の生育促進と乳酸菌と酵母の物理的接触による酵母の表面に存在する糖たんぱく質であるインペルターゼへの乳酸菌の吸着結合による。

最近、ヘテロ発酵型乳酸菌により食品の変敗が多発している。その変敗現象は酸敗、膨張、エタノール生成、変色、異臭等種々にわたっている。この中で最も多い変敗現象はエタノール生成と膨張である。従来はエタノール臭が生成して膨張すれば酵母による変敗と考えられていたが、現在ではヘテロ発酵型乳酸菌による変敗が主となってきている。これらの特徴はいずれも糖濃度の高い食品に発生することである。しかし、ホモ型およびヘテロ型の乳酸発酵はそれぞれの菌種や菌株に固有のものではなく、酸素の存在、糖の種類とその濃度、pH等の培養条件によって、通常はホモ型発酵乳酸菌であっても代謝産物として乳酸以外にエタノール、酢酸、蟻酸、ジアセチル、アセトインを生成することがある。実際にホモ発酵型乳酸菌である*Lactobacillus*、*Lactococcus*、*Streptococcus*をグルコース制限下で又は好気条件下で培養すると酢酸、エタノール、蟻酸を生成する。

2. 2 酸性杏仁豆腐の微生物変敗

一般的に、pH4.6未満の食品を酸性食品といい、酸性食品では、多くの微生物は発育不能であり、発育可能な菌種であっても酸性下では生育できない。通常、微生物は酸性下では生育は困難であるが、酸性下に適応して生育する微生物もある。このため酸性食品に微生物が増殖して腐敗・変敗現象が生成している。原因菌は加熱困難な食品では酵母、カビ、乳酸菌、加熱可能な食品では耐熱性芽胞菌である。また容器詰酸性飲料を変敗させる微生物として酵母、カビ、乳酸菌、酪酸菌が考えられる。pH4.6以下で増殖して食品の変敗を起こす酵母、カビ、乳酸菌は低温殺菌で処理されており、pH4.6以下で生育する耐熱性芽胞菌は80～90℃で殺菌されている。特に加熱に対して不安定な成分を含む食品においては低温度殺菌条件で行い品質低下を防止している。

杏仁豆腐の製造について研究し、その結果は以下の通りである⁷⁾。杏仁豆腐としては寒天1.0%にゼラチン0.5%を併用するのが品質的にも、食感的にも優れており、ミルクとしては牛乳、脱脂乳を10%、無糖練乳5%を使用し、糖度としては杏仁豆腐は15%、最終缶詰製品では22～25%位が好ましい。微生物変敗防止にはpH調節が必要であり、杏仁豆腐製造後クエン酸液添加処理を行なう。

杏仁豆腐(pH3.5～3.7)が製造後2～3日では有機酸臭が生成し、包装袋が膨張し多量の返品が生じたのでその原因及び対策について検討を行った。

杏仁豆腐に生成した膨張原因微生物を検討するために、原材料及び製造工程中の半製品、製品の微生物を測定した結果、原材料には好気性細菌が $1.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^4$ /g検出された。しかし液糖添加以降の工程においてはいずれも嫌気性菌が検出された($1.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ /g)。杏仁豆腐の膨張原因は3種類の酪酸菌(*Clostridium pasteurianum*、*Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum*、*Clostridium butyricum*)及び*P. polymyxa*であった。これらの菌はいずれも工場からの二次汚染菌であった。酸性杏仁豆腐の製品はpHが3.5～3.7と低いために*Bacillus*の生育は遅いが、まず*P. polymyxa*が生育して酸素を消費した結果、嫌気状態が作りだされ、その結果、3種類の酪酸菌が生育し易くなり、ガスが生成し、膨張品を発生すると共に酸を生成してさらにpHが低下したものと考えられた。

野菜を原料としたpH3.8の缶入り酸性食品の膨張原因は*Clostridium pasteurianum*であった⁸⁾。*C. pasteurianum*は芽胞を形成する偏性嫌気性菌であり、果実、果汁および菓子の容器包装詰食品の変敗原因菌となっている⁹⁾。容器詰食品の変敗原因菌となる有芽胞細菌の多くは、pH4.5以下では発芽しないが、*C. pasteurianum*はpH3.7以上で発育することが可能であるとされて

いる¹⁰⁾。*C. pasteurianum*を接種したミカン缶詰(pH3.36～4.42)の保存試験において膨張を完全抑制するためにはpHを3.75以下にする必要がある¹¹⁾。酸性食品の微生物変敗を表2に示した。

表2 酸性食品の微生物変敗

酸性食品	pH	変敗現象	原因微生物
杏仁豆腐	3.5～3.7	異臭、膨張	<i>Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum</i>
			<i>C.pastuerianum</i> , <i>C.butylicum</i>
			<i>Paenibacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus subtilis</i>
ドレッシング	3.2～4.5	異臭	<i>Zygoaccharomyces bailii</i>
			<i>Pichia menbranfaciens</i>
			<i>Lactobacillus</i>
マヨネーズ	3.6～4.5	異臭	<i>Lactobacillus brevis</i>
			<i>Pediococcus acidilactici</i>
			<i>B. subtilis</i>
合成酢	1.5～2.5	異臭	<i>Moniliella suavelolens</i>
野菜酸性缶詰	3.8	膨張	<i>C.pastuerianum</i>
フルーツ蜜豆	3.6～3.8	膨張	<i>C.pastuerianum</i>
みかん缶詰	4.0～4.3	膨張	<i>C.pastuerianum</i>
シイタケ水煮	3.5～3.8	膨張、白濁	<i>C.pastuerianum</i>

2. 3 杏仁豆腐の変敗防止へのオゾンの利用

杏仁豆腐の変敗防止対策としては、工場の清掃後、変敗生成原因菌とその防止法についてオゾン水を用いて検討した。

天井に取り付けたオゾン発生装置により夜間のみ1日約5～7時間で1年間処理することにより酪酸菌は全くなり、杏仁豆腐の異臭及び膨張現象は全くなかった。食品業界では残存しない殺菌剤の要望が強く、最近の環境汚染防止との関係もあり、残留しない殺菌法としてオゾン殺菌法が注目を浴びてきている。次亜塩素酸ナトリウムと殺菌メカニズムが全く異なるオゾン水やオゾンガスを用いることにより次亜塩素酸ナトリウム耐性大腸菌群や乳酸菌の殺菌を容易にすることが可能である。しかしオゾン水は有機物等の接触により容易に分解されるので殺菌持続性は全くなり、殺菌を的確に行うには工場や機械・装置の汚れの程度と使用オゾン濃度を的確に把握する必要がある。各殺菌剤ともに得意とする微生物があり、併用して使用するのが良い。現在、食品工場の床、側溝、機械、装置等の洗浄、除菌、脱臭にはオゾン水濃度0.5～5.0ppmで使用されている¹²⁾。

文献

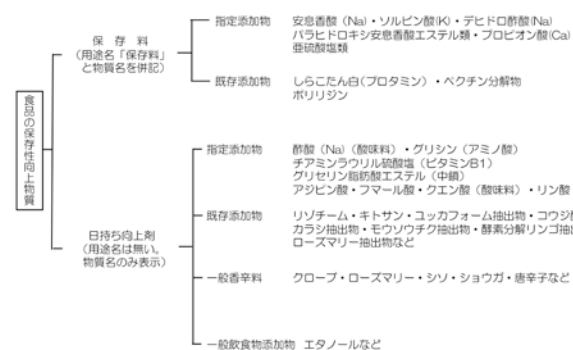
1) 金内稔郎、浜本典男：発酵乳の生菌数維持に関する研究、食衛誌、7、433-440 (1966)
2) ICMF: "Microbial Ecology of Foods", Volume 1, Food commodities, p.101, Academic Press (1980)
3) Chung K.C., and Goepfert, J.M.: Growth of salmonella at low pH, J.Food science, 35, 326-328 (1970)
4) Palumbo, S.A. and Williams, A.C.: Growth of *Aeromonas hydrophila* K144 as effect of organic acid, J.Food Sci., 57, 233-235 (1992)
5) 内藤茂三：包装フルーツみつ豆の膨張とその原因菌について、愛知食品工技年報、36, 72-80 (1995)
6) Ninomiya, K., Maysuda, K., Kawasaki, T., Kanaya, T., Kohno, M., Katakura, Y., Asada, M. and Shioya, S.: Effect of CO2 concentration on the growth and exopolysaccharide production of *Bifidobacterium longum* cultivated under anaerobic conditions, J.Biosci. Bioeng., 107, 635-637 (2009)
7) 宮廻和代、藤居正子、奥正和、下田吉夫：杏仁豆腐に関する研究、東洋食品工業短大・東洋食品研究所研究報告書、12, 81-85 (1976)。
8) 石原理子、渡邊弥生、青山康司：缶入り酸性食品からの変敗原因菌の分離とその性状、広島食工技研報、25、33-36 (2009)
9) 松田典彦：新製品開発における微生物学、その制御及び無菌試験法、缶詰時報、69, 202-209 (1990)
10) 宇田川俊一：微生物汚染事例・現場検査法Q&A集、サイエンスフォーラム、160-161 (2003)
11) 池上義昭、岡屋忠治、澤山善二郎、下田吉夫、森大蔵、奥正和：フルーツ缶詰の酪酸菌による膨張防止に関する研究、第1報 みかん缶詰について、缶詰時報、49, 993-996 (1970)
12) 内藤茂三：「増補食品とオゾンの科学」、建帛社 (2018)
(内藤茂三 食品・微生物研究所)

天然由来抗菌物質を利用した食品の保存(1)

食品の保存性を高めるには、加熱殺菌、低温流通などが基本となるが、それに加えて化学的な方法として、保存料や日持向上剤が使用される(表1)。しかし、消費者は化学的に合成した保存料を敬遠する傾向がみられることから、保存性向上剤として動植物から抽出・調製したものや発酵生産物由来の抗菌物質が多く利用される傾向にある。天然由来抗菌物質には、表1に示すように保存料のしらこタンパク質やポリリジン、あるいは日持ち向上剤のカラシ抽出物やモウソウチク抽出物、キトサン

などがある。今回は、天然由来抗菌物質のうち、植物成分由来のものについて、それらの特性と食品保存への利用について述べる。

表1 食品の保存性向上物質



植物成分由来の抗菌物質

植物成分由来の主な抗菌物質は数多くあるが、表2で示すように香料由来のものが多く、主なものにはカラシ抽出物、唐辛子抽出物、ホップ抽出物などが挙げられる。また、表には示していないが、シナモン、ローズマリー、クロブ、オールスパイスなどにも抗菌活性のあることが知られている。香料以外では、ペクチン分解物やモウソウチク、ユッカ、グレープフルーツ種子抽出物などにも抗菌活性があることが知られている。

表2 主な植物成分由来抗菌物質の特性

抗菌剤	生育抑制される微生物				備考
	陽性菌	陰性菌	酵母	カビ	
カラシ・ワサビ抽出物	○	○	○	○	AIT ガス状で効果 乳酸菌には弱い
唐辛子抽出物	△	△	○	△	ギトゲニン配糖体 アジピン酸と相乗効果
ホップ抽出物	○	△	△	△	β酸あるいはキサントフェノール 乳酸菌に効果
モウソウチク抽出物	○	○	○	○	ベンゾキノンが主体 難水溶性、耐熱性
ペクチン分解物	○	○	○	○	乳酸菌には弱い pH高いと不安定
ユッカ抽出物	△	△	○	△	サポニンが主体
カンゾウ抽出物	○	△	△	△	抗菌物質グラブリジン 耐熱性好酸性菌に効果
グレープフルーツ 種子抽出物	○	○	○	△	脂肪酸、フラボノイド 難水溶性、苦味を有する
ペタイン製剤	○	△	△	△	トリメチルグリシン マスキング・うまみ付与

カラシ抽出物

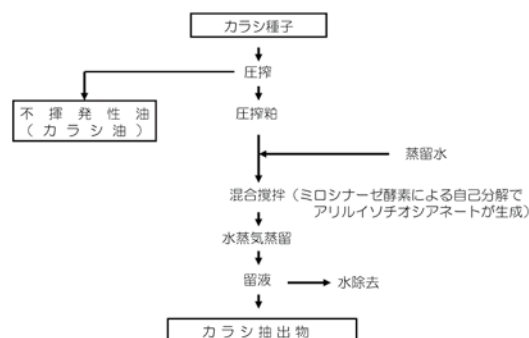


図1 カラシ抽出物の製造法

カラシ抽出物は、カラシ種子を原料とし、その配糖体成分であるシニグリンを酵素のミロシナーゼによって加水分解した後、水蒸気蒸留によって得られる揮発性物質である（図1）。カラシ抽出物の抗菌力を示す本体はアリルイソチオシアネート（AIT）で、微生物細胞の呼吸系を阻害しているものと考えられる。AITの抗菌スペクトルは広く、最小生育阻止濃度（MIC）は表3で示すように、細菌、酵母、カビの多くは20ppmあるいは60ppm程度の濃度で生育が抑制される。しかし、乳酸菌に対しては弱い傾向が認められ生育を阻害するには360ppm以上のAITが必要である。カラシ抽出物は溶液状態よりも揮発状態の方が強い抗菌力を有することから和洋菓子、餅などの表面で生育するカビや酵

母の抑制に効果的である。ただ、包装資材によっては、AITがフィルムを通過し、包装内のAIT濃度が低下する場合があるので、バリア性の高いフィルムで密封することが必要である。なお、AITはカラシ（ワサビ）様の臭気を呈することがあるので、キムチなどでは使用されてもさほど違和感はない場合が多いが、香りが少ない淡白な製品に対してはその点に関しては考慮する必要がある。

表3 カラシ抽出物の最小生育阻止濃度（MIC）

微生物	試験菌	最小生育阻止濃度				
		A	B	C	D	E
細菌	<i>Staphylococcus aureus</i> IFO1273					
	<i>Bacillus cereus</i> IFO13494					
	<i>Bacillus subtilis</i> IFO13722					
	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> IFO3426					
	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> 分離株					
	<i>Pediococcus acidilactici</i> 分離株					
	<i>Escherichia coli</i> JMC1891					
	<i>Salmonella Enteritidis</i> 分離株					
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> IFO13275					
	<i>Mucor racemosus</i> IFO6745					
カビ	<i>Aspergillus niger</i> ATCC6275					
	<i>Fusarium solani</i> IFO9425					
	<i>Penicillium citrinum</i> ATCC9849					
	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i> IFO0320					
酵母	<i>Debaryomyces hansenii</i> JCM1526					
	<i>Pichia anomala</i> NFRI3717					
	<i>Candida tropicalis</i> NFRI4040					

A: 20ppm未満 B: 21~60ppm C: 61~120ppm D: 121~360ppm E: 360ppm以上

唐辛子抽出物

唐辛子抽出物の抗菌性については、野崎らの報告（フードケミカル, (6), 1 (1991)）があるので紹介する。

唐辛子の水・エタノール抽出物は、特に酵母に対して強い抗菌活性を示すが、それに有機酸などを加えた唐辛子抽出物製剤が開発されている。本製剤の各種微生物に対する抗菌力について示したものが表4で、多くの細菌は0.1%で抑制されて、酵母においても0.2%の添加で増殖が抑制されたことが報告されている。各pH条件下での抗菌力は表5のとおりで、pHが高くなるにつれ抗菌力はやや低下する傾向が認められるもののそれほど大きな影響にはなっていない。つぎに、食品保存への応用報告例について白菜浅漬の事例を紹介する。図2は白菜浅漬の保存性向上効果について検討を加えたもので、試験に用いた白菜は、3%の食塩で下漬し、5%の食塩水で調味漬けた後、ポリエチレン製の袋で包装したものを室温（14~24℃）で保存し、調味液が微生物の増殖により白濁する時間をもとに評価している。その結果、対照の無添加のものは29時間で調味液が白濁し商品性を失っているのに対し、唐辛子抽出物製剤を0.15%添加したものでは、保存期間の延長が可能となっており、0.3%添加したものでは、対照の2倍以上の保存期間の延長がみられている。

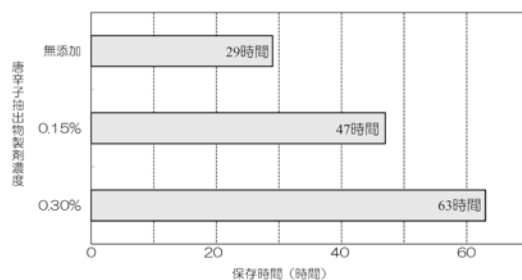


図2 唐辛子抽出物製剤による白菜浅漬の保存
野崎ら（フードケミカル, (6), 1 (1991)）

表4 唐辛子抽出物製剤の各種微生物に対する生育抑制効果

被験菌	0.05	0.1	0.2 (%)
<i>Bacillus subtilis</i>	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	-	-
<i>Escherichia coli</i>	+	-	-
<i>Salmonella typhimurium</i>	+	-	-
<i>Streptococcus lactis</i>	+	-	-
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	+	-	-
<i>Hansenula anomala</i> (<i>Pichia anomala</i>)	+	+	-
<i>Pichia membranaefaciens</i>	+	+	-
<i>Penicillium decumbens</i>	+	+	-

野崎ら（フードケミカル, (6), 1 (1991)）

表5 唐辛子抽出物製剤の抗菌力に対するpHの影響

pH	%	<i>B.subtilis</i>	<i>E.coli</i>	<i>S.cerevisiae</i>	<i>H.anomala</i>	<i>Pich.membranaefaciens</i>	<i>Pen.decumbens</i>
4.5	0	+	+	+	+	+	+
4.5	0.05	-	-	+	+	+	+
	0.1	-	-	-	+	+	+
	0.2	-	-	-	-	-	-
	0.3	-	-	-	-	-	-
	0.5	-	-	-	-	-	-
5.5	0.05	+	+	+	+	+	+
	0.1	-	-	-	+	+	+
	0.2	-	-	-	-	-	+
	0.3	-	-	-	-	-	-
	0.5	-	-	-	-	-	-
6.5	0.05	+	+	+	+	+	+
	0.1	+	+	+	+	+	+
	0.2	+	+	-	+	+	+
	0.3	-	-	-	-	-	+
	0.5	-	-	-	-	-	-

野崎ら（フードケミカル，（6），1（1991））

塩辛は魚介類を原料とし、それに食塩を加えることにより微生物による変敗を防止する一方で、原料の内臓に含まれている酵素を利用し、旨味成分を引き出した食品である。しかし、近年、塩辛は他の食品同様、低塩化が進んでおり、以前のものに比べ変敗し易い傾向がみられる。塩辛類は一定程度の食塩を含むことから酵母による変敗が主で、産膜酵母の発生やガスの生成が問題となっている。それらの変敗防止の目的から唐辛子抽出物製剤の保存効果について検討を加えた結果を示したものが図3である。試験に用いた塩辛の食塩濃度は6.4%のもので、10℃に保存した場合について検討を加えている。無添加のものは、保存開始後14日目で腐敗臭の発生が認められているが、唐辛子抽出物製剤を加えたものでは、0.3%添加の場合は18日、0.5%添加の場合は22日になるまで腐敗臭が発生しておらず、保存性延長効果のあることがわかる。

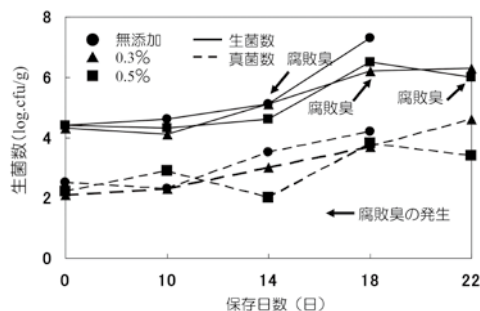


図3 唐辛子抽出物製剤による塩辛の保存効果

野崎ら（フードケミカル，（6），1（1991））

ホップ抽出物

ホップはビール醸造において特有の苦味を付与する副原料の一つであるが、同時にビールの保存性を高める目的から古くから利用されてきた。古代においては、ビール醸造の際に、酵母以外の微生物を抑制する目的からホップが使用されてきた。しかし、近年に至っては、十分に管理された環境下でビール醸造が行われることから、もっぱら風味付けのために利用されるようになっている。

ホップ抽出物は、液化二酸化炭素やエタノールによって得られる。図4は液化二酸化炭素による抽出法の例で、ホップ毬花より液化二酸化炭素で抽出したものをさらに熱水処理することによって得られる。抗菌作用を示す物質は、β酸類（ルブロン、コルプレンなど）を主体としたもので、その他に少量のソフトレジン（軟質樹脂）、エセンシャルオイル（精油）、微量の水分を含んでいる。液化二酸化炭素で抽出したホップ抽出物の生育阻害効果を示したものが図5である。

Lactobacillus、*Pediococcus*、*Leuconostoc*属菌などの乳酸菌は、ホップ抽出物が10ppm以上になると生育が阻害される。しかし、大腸菌や酵母の*Pichia*に対しては、ホップ抽出物を60ppm加えた培地においても生育が見られており、これらの菌に対してはほとんど抗菌作用を示さない。

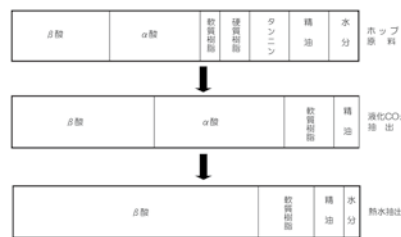


図4 ホップ抽出物の調製

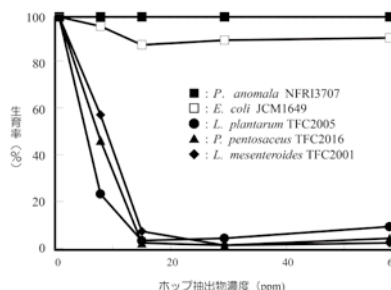


図5 ホップ抽出物（液化二酸化炭素抽出）の生育阻害効果

一方、ホップからエタノールで抽出した場合はキサントフモールが抗菌作用の主体を成している。キサントフモールは、ホップ特有のカルコン類に属するフラボノイドで、近年、肥満防止や抗ストレス作用、抗血管プラーク形成作用などの健康機能性を有していることが明らかにされている。このキサントフモールを主体としたホップ抽出物は、水には難溶であるが、50%エタノールには溶解する。表6にキサントフモールの抗菌活性を示した。最小生育阻止濃度（MIC）は、乳酸菌で10~20ppm、芽胞菌で3ppmの低濃度であり、強く増殖を阻害していることがわかる。

表6 ホップ抽出物（キサントフモール）の抗菌活性

	指標菌	最小生育阻止濃度
乳酸菌	<i>Streptococcus lactis</i>	10ppm
	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	20ppm
	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	20ppm
芽胞菌	<i>Bacillus subtilis</i>	3 ppm
	<i>Bacillus cereus</i>	3 ppm

その他の植物成分由来抗菌物質

ペクチン分解物

ペクチン分解物は柑橘類果皮、リンゴ搾汁粕から得られるペクチンの酵素分解物で分解率が40%以上のものに抗菌活性が見られる。抗菌性を示す分解物は平均重合度3~5のオリゴガラクトン酸とガラクトン酸であることが明らかにされている。pH6.0以下では強い抗菌力を有するが、それ以上高いpHでは抗菌力は低下することが知られている。通常、0.1~0.3%程度食品に添加して利用される。利用例としては、ビッケル液、ハンバーガー、イカの塩辛、数の子、カラシ明太子、麺つゆ、カスタードクリームなどがある。

アシタバ抽出物

アシタバから得られるポリフェノールの一種のカルコン類は、抗菌活性を有していることが知られている。グラム陰性菌にはほとんど抗菌作用はないが、耐熱芽胞菌や乳酸菌を含むグラム陽性菌や酵母に対して良好な抗菌活性を有している。このようなカルコンの抗菌特性から、耐熱性芽胞菌が残存しやすいおにぎり、弁当などのご飯類を主とした食品や煮物などシェルフライの短い惣菜類、耐熱性好酸性菌が問題となる果汁飲料や乳酸菌が主要な原因菌となる食品など広範囲にわたって食品の日持ち向上が期待される。

食品の保存性を高めるには、保存性向上物質の食品への添加は有効な手段であるが、原材料の洗浄殺菌や製品の初発菌数を可能な限り低下させることや製造機械・器具などの製造環境からの微生物汚染を防止するなど、総合的に微生物管理を行うことが大切である。

（東京家政大学大学院 宮尾茂雄）

アサマ化成株式会社

E-mail : contact@asama-chemical.co.jp

https://www.asama-chemical.co.jp

- 本社 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-6
- 大阪営業所 / 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル
- 東京アサマ化成販売 / 〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町2-1
- 中部アサマ化成販売 / 〒453-0063 大伝馬町番地ビル5階
- 九州アサマ化成販売 / 〒815-0031 名古屋市市中村区東宿町2-28-1
- 桜陽化成 / 〒006-0815 福岡県福岡市南区清水1-16-11

- TEL (03)3661-6282
- TEL (06)6305-2854
- TEL (03)3666-5841
- TEL (052)413-4020
- TEL (092)408-4114
- TEL (011)683-5052

- FAX (03)3661-6285
- FAX (06)6305-2889
- FAX (03)3667-6854
- FAX (052)419-2830
- FAX (092)408-4350
- FAX (011)694-3061