

キムチ達の営みと科学技術

財団法人 韓国食品開発研究院

翻 訳 韓国食品株式会社

代表取締役 閔 南 淑

専務取締役 閔 鉉 基

翻訳 1997年2月キムチ達の賞味期限設定の折

1。微生物と酵素

キムチ類は野菜を各種の調味料で処理、加工し貯蔵性を与えるのであるが、ひとつ欠かせないのが微生物の作用である。又、漬物を漬ける現象の中、重要な存在であるのが酵素である。酵素は一般的に微生物と混同しているが、酵素は一種の化学物質で微生物は生活物質である。酵素は微生物質と共存したり微生物が酵素を生産するものもある。微生物と酵素はその分野が広く専門的な学問もあるほどですので、ここでは漬物類即ちキムチとの関連について説明する。

1) 漬物（キムチ）と微生物・酵素

微生物の繁殖力・活動力は大変に強力で、地球上に広く分布されている。微生物は人間生活に有益な役割をするのと、有害な作用をするのがあり、微生物との競争が人類の宿命ともいえる。

微生物は一般的に細菌・かび・酵母のことである。微生物を大きく分けると動物性と植物性があり、食品の加工保存に有益、または害を与えるのは大部分が、植物性微生物である。

微生物は一般植物と同じく、生存発育のために栄養源・温度・酵素・水の供給という生活条件が必要とする。又、環境としては食品中の酸度・塩度・糖濃度の状態によって発育が、旺盛になったり、抑制されたり、死滅もする。

しかし以上の条件と環境は各微生物によって極端な差があって、栄養源においても炭水化物を摂取するもの、たんぱく質と脂肪を要求するものなどの差があり、低温を好むのと高温を好むもの、酵素も好むもの好まないものもある。これらの微生物の性質から好冷性菌・中温性菌・好熱性菌・好気性微生物・嫌気性微生物などの形態で分類されるが、分類は便宜的であり完全なものではない。

漬物の製造に関与する微生物といえば大きくかび・酵母・細菌に分ける。

かびは死像菌という微生物で胞子を作り繁殖するのが多く、澱粉・澱粉糖・砂糖などのような炭水化物を栄養源として要求する。かびの成育条件は20～30℃範囲の温度を適温とし、湿気を必要とする好気性菌である。熱には比較的弱く、特に太陽熱には抵抗力が弱い、又、弱酸性か酸性に適し、アルカリ性では発育が阻害され、またアルコール・酸によっても成育が阻害されることもある。

酵母は糖を分解し ethyl alcohol と CO_2 を生成して、ビール・パン・清酒などの製造し多く使われている。一般的に好気性が大部分であり、特に alcohol 発酵に適切な酵母は、酸素の豊富な条件を必要とし、発育適温は27～28℃前後で、水分が50%以下になると発育は阻害する。

又、弱酸性の糖液内で繁殖し、加熱以外の条件では抵抗力が強い。

漬物の『表面』に成育する酸膜酵母は菌の一種でこ

の酸膜酵母が発生すると液中の乳酸を消費、分解するため、酸の量が減少し、酸と塩分濃度との均衡を破壊する。又、他の雑菌の繁殖を手伝う結果になり原料の軟化や腐敗の原因になるものである。もし酸膜酵母が発生したら、必ず除去しなければならない。

細菌は微生物の中でも一番小さい生物で、成育条件・環境は種類によって多様で、成育温度も零下50℃の低温で成育するもの、90℃の高温でも耐えるものもあり、形態も球菌・桿菌・らせん菌など色々あり沢山の種類が自然界に生存している。細菌類はpickle又は、糖漬けの乳酸菌のように糖類を酸化させるもの、たんぱく質をamino acidに分解するたんぱく分解菌、alcohol類を酸化する酢酸菌などのように、食品加工と人間生活に有用で重要な作用もするものもある。また人間の生命を奪うもの、漬け物類の軟化・腐敗の原因を誘発するものと、酸敗を起こすなどの有害なものも多い。

細菌は菌の種類によって差があるが、だいたい発育適温は37~38℃で中性か弱alkali性を好み酸性では、他の微生物より弱く、pH4.0以下では成育が阻害され、糖・食塩濃度にも弱いものも多い。しかし生活力は旺盛で、胞子を形成したり、分裂によって繁殖し、普通30分に1回程の分裂をするので数時間内に数億個になる。

漬け物類製造に関係が深いのは、微生物による腐敗と発酵の問題である。肉や野菜をちょっと放置して置くと、弾力がなくなり、悪臭が発生させるが、この状態を一般的に腐敗という。腐敗を定義するのは難しいが、有機物は微生物が営んでいる生活作用によって分解されたり、変化もし、段々下級化合物に変わる。

発酵もやはり有機物が微生物によって分解・変化され、独特の化合物になるので、腐敗とはまったく違うのではないが、実際に腐敗と発酵の区別は混乱である。例えば肉が悪臭を出すのを腐敗といい、澱粉が分解され酒になると発酵という。また酢を作るために酒を酢に作るのを発酵というが、家庭で酒を酸っぱくすると同じ現象でも腐敗という。ある学説ではたんぱく質の分解を腐敗で、澱粉と糖質の分解を発酵と区別してあるが、これも醤油・味噌などの製造は、大豆のたんぱく質の分解によってなるもので、腐敗現象で見るのはおかしいことである。又、澱粉と糖の場合でもpickleの酸っぱさは発酵で、同じ乳酸作用であっても、たくわんが酸っぱくなるのは腐敗という。

結局腐敗と発酵の区分は、その現象が人間の目的に合うと発酵、目的に不適合して有害なのを腐敗という言葉が適切である。

特にキムチ類において微生物の重要な作用は乳酸発酵である。乳酸菌類の作用によって果糖または、砂糖を乳酸に変化させる現象を乳酸発酵といい、この乳酸菌には牛乳中の糖類を乳酸化するもの、チーズとヤクルト・乳酸飲料を作る作用をするもの、pickles、sauerkraut発酵をするのなど数種類の菌がある。乳酸菌は発酵と同時に乳酸を生成するが、この乳酸が多くなると、作られた乳酸のためにかえて成育が阻害され、乳酸濃度が普通0.15%以上になると機能を停止する。ただし、picklesなどの乳酸菌は、他の乳酸菌と違って高濃度の塩分・糖に抵抗力があり、50%の砂糖にも耐えることができる。漬物において乳酸の生成は他の菌の発育を阻害し、一種の香味を作るが、酸膜酵母が発生すると乳酸は、この酵母によって消費され、全体的に酸度が減少される。

微生物と共にキムチ類の製造に大きな影響を与えるのが酵素である。酵素は微生物と共存し、微生物によって、生産されたりもするなどの深いかかわりを持っている。又、微生物だけではなく全体の動植物に分布され、生態細胞内で生産されるので、**動植物は、この酵素のために生活・生存しているともいえる。**酵素はとっても少量でも、他の物質を分解する力を持っている一種の有機触媒物質である。さらにその作用は生態内で複雑な化学変化と食品の製造加工、変質、消化のような側面から有用・有害な作用をする。

酵素の科学的造成は、大部分がたんぱく質で構成され、たんぱく質のような性質をもっており、その作用は選択的に、特定反応に、特定酵素が作用する特性がある。

このような漬物類の製造技術上、貯蔵管理に置いて、これらの微生物と酵素の作用はとっても重要な問題を提起している。

微生物と酵素の認識及びその管理・取扱・対策などが漬物類製品の品質に大きな影響を与える。

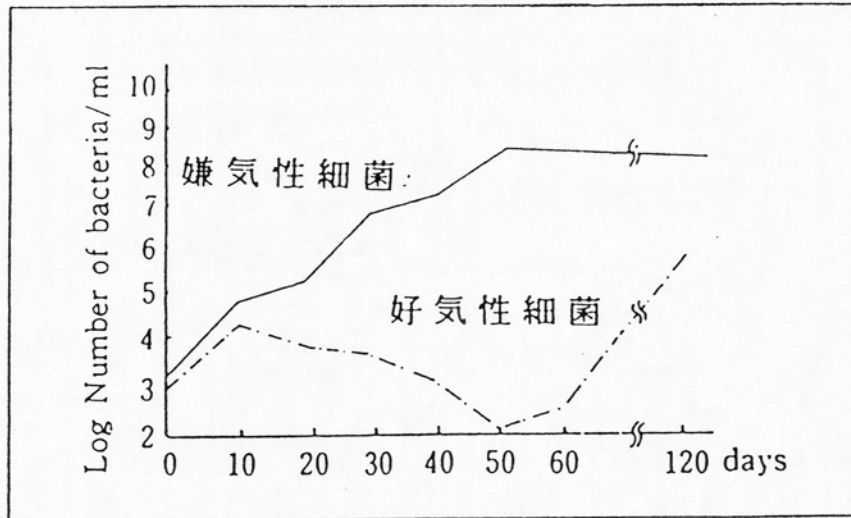
2) キムチの発酵熟成

キムチは発酵が進んでる過程で、乳酸菌や色々な微生物が関連し、乳酸・りんご酸・酢酸・oxalic酸などを生成、単純な乳酸発酵だけではなく、複雑な発酵過程を経て、キムチ特有の香味を与える。

キムチに使用されている材料には、野性的に存在する多様な微生物があるが、発酵初期には、キムチ内の塩分濃度のため、耐塩性細菌たちが主に成育し、発酵が進むにつれて、各種有機酸が生成され、pHが落ちるとその後には耐酸性菌が成育する。このようにキムチが発酵熟成される間、微生物が継続的に変化され、結局これらによって、生化学的な変化が起きながら、キムチに独特な味と香りを与えることになる

キムチの発酵過程はまずpHが急激に低下し、酸度と還元糖が増加する時期、次にpHが緩やかに低下しながら酸度が段々増加し、還元糖が急激に低下する時期、pHがだいたい均一で酸度と還元糖が段々増

加する時期、最後にpHと酸度の変化はほとんどないが表面に酸膜が形成され、糖の量が段々減少する時期に分けられる。この時微生物の変化は図のように嫌気性細菌は50日まで急激に増加する反面、好気性細菌は初期に少々増加しすぐ成育が抑制され減少する。貯蔵50日以降、嫌気性細菌が再び急増するのは皮膜を形成する酸膜酵母が繁殖し乳酸を消費するためである。



キムチの発酵中の微生物

3) 重要微生物と酵素

キムチ類において塩を含めて調味料の多様な作用だけではなく、微生物・酵素の作用も重要である。キムチの材料、特に唐辛子などには野性的に存在する微生物が多く、これらはキムチの塩分濃度・熟成温度・酸素の存在などの環境条件によって適度な微生物だけが成育する。

キムチに関連する微生物は各家庭で収集したキムチ類から分離し、キムチの主発酵菌には *Lactobacillus Plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus cerevisiae*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus faecalis* など明らかにされた。反面これらの嫌気性細菌の他にもキムチ発酵の初期と後期に現れる好気性細菌では *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Flavobacterium* 及び *Achromobacter* の菌などが確認され、酵母としては *Saccharomyces cerevisiae* など *Saccharomyces* 属がほとんどで、*Torulopsis*, *Candida Hansenula*, *Debaryomyces*, *Pichia*, *Rhodotorula* などの順で発見された。

酵母はキムチの発酵熟成と貯蔵中にアルコール、各種ビタミンの生成はもちろん、色々な芳香性物質を生成し独特の風味を与える。又、酸膜酵母はキムチの外観を悪くするだけではなく、乳酸などを酸化分解

し、味を低下させ、有機酸によって抑制された変敗菌の増殖を誘発させ悪い影響を与える。

キムチの重要細菌の貯蔵中の軽視的变化は表のようである。

キムチの熟成中の細菌の軽視的分布

細菌名	熟成日数								
	0	10	20	30	40	50	60	120	
<i>Pseudomonas mira</i>	1.0×10^3	3×10^4	—	3×10^3	—	—	—	—	
<i>P. nigrificiens</i>		2×10^4	1.0×10^4	5×10^3	—	1.0×10^2	1.5×10^2	—	
<i>Bacillus macerans</i>	—	—	—	—	—	1.0×10^2	4.0×10^2	—	
<i>Leuc. mesenteroides</i>	4×10^3	5×10^4	4.8×10^5	1.5×10^7	2.5×10^7	—	5.6×10^6		
<i>Lact. plantarum</i>	—	2×10^4	—	2×10^7	1.2×10^7	2.0×10^8	1.9×10^8	1.9×10^8	
<i>Lact. brevis</i>	—	—	—	1×10^6	1.0×10^7	5.0×10^7	5.4×10^7	—	
<i>Streptococcus faecalis</i>	—	3×10^4	4×10^4	1×10^6	—	—	—	—	
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	—	—	—	—	3×10^6	3×10^8	4.5×10^8	3.2×10^8	

* Number of bacteria plate-counted permilliliter.

Leuconostoc mesenteroides は発酵初期に多く繁殖するが、この菌は異常乳酸発酵菌で、まず乳酸・酢酸などの有機酸と ethanol を生成し、キムチを酸性化にすると同時に、炭酸ガス (CO₂) を発生し、嫌気状態にするので好気性細菌の繁殖を抑制させる重要な役割をする。

嫌気性菌中 *Streptococcus* は発酵初期に、*Pediococcus* は中期に活発に繁殖し、*Lactobacillus Plantarum* は初期から増加するのを見せる。*Lactobacillus*

Plantarum は正常乳酸発酵菌 (homo-fermentative lactic acid bacteria) で乳酸を大量に生産し、発酵の末期まで旺盛に繁殖し酸敗には最高の成長を表す反面、*Leuconostoc mesenteroides* は単独でも美味しいキムチになれるので前者を酸敗菌、後者を主発酵菌で見える見解が支配的である。

しかしキムチが食べごろの完熟期に *Lactobacillus Plantarum* が 1.0×10^6 もなることから熟成にもある程度関わっていると思われる。

キムチ類において野菜の組織が軟化するの、pectin物質の崩壊によって起こり、これは軟化抑制酵素である pectinesterase か軟化促進酵素 Polygalacturonase の活性と深い関わりがある。pectinesterase は pectin を pectic acid とアルコールに分解させ、この時に生成される pectic acid は Ca と塩橋 (salt bridge) を

作り、野菜組織が硬化を起こす反面、Polygalacturonaseはpectinの基本構造であるPolygalacturonic acidを分解することで、組織の軟化を引き起こす。

これは新鮮なキムチより、軟化されたキムチでPolygalacturonaseの活性が高かった点酸膜酵母が繁殖し、軟化されるとき酵素の活性が増加したことから見ると、結局キムチの軟化現象、即ち組織の軟化はPolygalacturonaseの作用によることであることがわかる。

これらの酵素は白菜・大根などの野菜に存在するだけでなく、多様の微生物からも生成される。

Polygalacturonaseを分泌する微生物としてはBacillus subtilis、Saccharomyces fragilis、Candida pseudotropicalis、Oospora lactis、Aspergillus sp、Penicillium spなどがある。

2。栄養成分の変化

1) キムチ材料の栄養成分

白菜や大根のように緑の葉を使うものは、緑の葉にビタミンAが結構含まれていて、唐辛子はキムチ材料中、人参の次にビタミンAを沢山含有している。人参の場合ビタミンCを破壊するascorbina seという酵素を持っているため、なるべくなら使用しないようにするので、唐辛子が重要なビタミンAの供給源になっている。また唐辛子はキムチの材料中ビタミンCを一番多く含んでいる。

にんにくは炭酸の15倍程殺菌力が高いallyl sulh ideという刺激性物質をもっていて、色々な効能を現す。ねぎもやはり、にんにくと同じ刺激成分をもっていて、ねぎの緑の部分にはビタミンA・Cを沢山含有している。きゅうりにはelaterinという苦い成分を含有していて、消化を順調にさせ、カリウム成分が多く利尿作用を手伝う。えびの塩辛やイワシの塩辛は、野菜類に不足がちなタンパク質、アミノ酸など脂肪質の良い供給源になり、キムチ独自の味の形成にも寄与する。またこれらの塩辛類はカルシウムの含量が高いアルカリ性食品で、体液を中和させる役割もする。

キムチに、主に使用されている材料の遊離アミノ酸含量は表のようである。表でえびの塩辛含量が低いのは、抽出し、乾燥された試料の分析結果であるので、他の分析値と比較するのは難しい。

白菜キムチの遊離アミノ酸含量

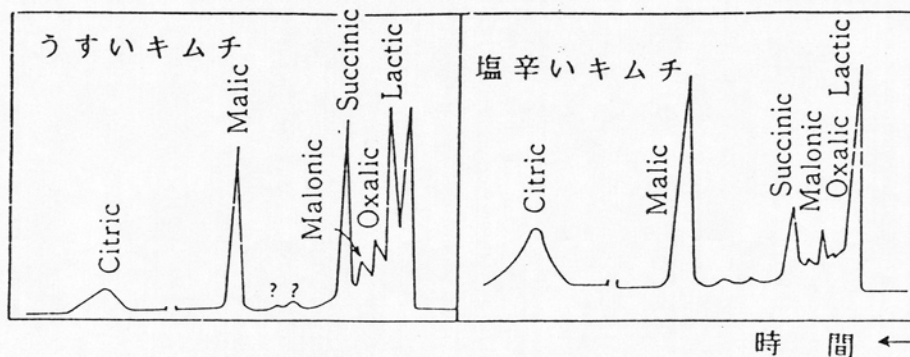
Amino acid	Kimchi A	Kimchi B	Kimchi C	Kimchi D
Lysine	0.108	0.211	1.099	1.316
Histidine	0.105	0.067	0.014	0.109
Arginine	0.350	0.291	0.398	0.600
Tryptophan	0.176	0.217	0.115	0.271
Aspartic acid	0.121	0.165	0.784	1.195
Threonine	0.967*	0.396*	0.647	0.692
Serine	—	—	0.460	0.584
Glutamic acid	0.653	0.274	0.943	1.502
Proline	0.111	0.106	0.238	0.349
Glycine	0.073	0.070	0.222	0.344
Alanine	0.767	0.520	0.862	1.221
Valine	0.159	0.148	0.492	0.784
Methionine	0.008	0.015	0.164	0.256
Isoleucine	0.135	0.096	0.300	0.469
Leucine	0.066	0.103	0.492	0.758
Tyrosine	0.066	0.076	0.119	0.174
Phenylalanine	0.094	0.070	0.217	0.317
Total	3.959	2.825	7.566	10.941

2) 発酵熟成中の成分変化

白菜や大根などに各材料を入れて作るキムチ類は熟成される間、野菜類に含有されている糖類が乳酸菌によって乳酸と有機酸に変わって新鮮な味を与え、これに各種香辛料が加味され独特の香味を与えることになる。しかし一定期間が過ぎると過度な酸が生成され、pectin質が分解され好気性細菌の繁殖で悪臭が生成され品質が落ちる。キムチのこのような変化過程は、特に塩分濃度と発酵温度によって違う。

A) 有機酸の変化

キムチ類には乳酸とSuccinic酸の含量が多い。また22~23℃と6~7℃で熟成させたキムチを比較するとクエン酸の含有量はあまり変わらないが、低温で熟成させたのが乳酸とSuccinic酸の含量が多い反面Oxalic酸・リンゴ酸・Citric酸・Malic酸などの含量はかえって低いキムチの有機酸は熟成時間によっても含量が変化する。キムチを5℃で熟成させると熟成初期に含量が少ない乳酸とクエン酸は時間がたつにつれ持続的に増加し、原料白菜と熟成初期に多かったリンゴ酸は時間が経過すると共に減少し、他のOxalic酸・Malic酸・Succinic酸の含量は大きな変化はない。



キムチの塩分濃度別有機酸含量

キムチの重要生成物質である有機酸と附随的に発生する炭酸ガスはキムチの爽やかな味を支配する代表的な成分である。

有機酸含量か炭酸ガスの生成程度は、キムチ関連微生物の特性と成育条件によって異なり、塩分濃度の温度が重要だということは前項で説明した通りである。塩分濃度が低く、低温で熟成させたキムチが、塩分濃度が高く、室温で熟成させたキムチより、揮発性有機酸である酢酸の含量と炭酸ガス生成量が多く、このようなキムチが、より美味しいということは、色々な実験からの結果である。

B) ビタミン類の変化

キムチの熟成過程中、ビタミン類の含量変化は表のようである。

まず、ビタミンB₁、B₂の含量変化は、漬けた初期に若干減少して段々増加し、味が良い時期である3週目には、初期含量の2倍程最大を見せ、その後再び減少して、酸敗しには初期含量ほど残る。

従ってビタミン類は熟成過程中、微生物により合成されたり、キムチの材料に含有された酵素の作用によって、遊離されて出るものと思われる。Caroteneの場合はキムチが熟成されるにつれて減少し、酸敗しには、初期含量のほぼ半分に減少される。反面NiacinはビタミンB₁、B₂と同じ傾向を表すが、これらに比べて早く減少し、これはキムチの発酵菌によって、多く利用されるからである。

ビタミンCは熟成初期にいったん減少された後、若干増加し、また減少する傾向を現している。このような増加減少は、白菜の成分であるPectin質が分解され、生成された糖からビタミンCが合成され

ることである。この時、関与する合成酵素は、微生物によるものではなく、野菜が持っている自家酵素によるもので推定している。ビタミンB₁₂の変化は、最初1週目には初期よりは約半分に減少してその後、急進的に増加し、3週目には最高の含量を表している。このようにキムチは発酵熟成期間中材料及び微生物によって色々な栄養成分の変化を起こす。

これらの有機酸・遊離アミノ酸及びビタミン類の含量変化は全体的にキムチが美味しい熟成期に最高値を示している。

C) 遊離アミノ酸の変化

キムチの独特な味は有機酸・炭酸ガス・調味香辛料だけではなく、遊離アミノ酸によってでも形成される。このような遊離アミノ酸は主にキムチのたんぱく質の供給源である塩辛類と、かきのような海産物と肉類によって成り立つ。白菜キムチにイワシの塩辛を入れた場合と入れてない場合の遊離アミノ酸造成を調査した結果は表の通りである。

どのキムチでも17種類のアミノ酸が検出され、イワシの塩辛を入れたキムチでは、遊離アミノ酸の総含有量がもっとも多かった。

キムチの重要材料の遊離アミノ酸含量(可食部分100g当たりmg)

アミノ酸	白菜	大根	胡瓜	唐辛子	人參	いわし	アミ	かき
Isoleucine	104	34	24	47	23	1081	2.8	762
Leucine	127	32	39	69	36	2198	4.9	833
Lysine	64	35	31	107	34	789	16.4	722
Methionine	15	12	7	27	7	337	-	245
Cysteine	-	11	3	-	5	49	-	148
Phenylalanine	25	34	25	32	23	907	1.4	424
Tyrosine	-	18	21	-	15	696	0.7	228
Threonine	23	27	24	34	27	22	5.3	419
Tryptophan	12	4	6	9	8	-	-	87
Valine	33	38	34	19	34	394	5.5	484
Arginine	-	26	28	-	58	87	47.3	767
Histidine	-	8	12	-	15	395	14.3	153
Alanine	-	34	26	-	43	416	26	522
Aspartic acid	-	72	53	-	139	trace	2.1	827
Glutamic acid	-	240	140	-	252	62	14.9	1489
Glycine	-	27	28	-	25	189	130	458
Proline	-	26	17	-	27	74	-	632
Serline	-	26	27	-	29	25	6.1	425

3) 副材料の影響

白菜キムチの場合、主材料である白菜にねぎ・にんにく・生姜・唐辛子を各一 종류ずつ入れてキムチを作り、12～16℃で7日間熟成させた後、各種有機酸の含量を調査した結果表のようである。

キムチの副材料中ねぎ・にんにく・唐辛子は白菜だけでキムチを作った時より乳酸・Succinic・酢酸・炭酸ガスの含量がはるかに高く、これはキムチの味に大きく影響を与えるだけでなく、発酵熟成期間を短縮させるのを表している。特ににんにくは他の副材料に比べ炭酸ガスとアルコール (ethanol) の含量が多くキムチの味をより美味しくする。

唐辛子を添加する場合には乳酸を多く生成し、にんにくと唐辛子がキムチの熟成発酵を促進させることを裏付けている。生姜は他の副材料より香味成分を少なく生成するだけでなく、褐変現象を起こすのでキムチに多く添加すると色にも影響を与える。

反面塩辛類はタンパク質・アミノ酸などの微生物の成長に必要な窒素源を大量に含有していて、結局キムチの熟成を促進させる結果をもたらし、えびの塩辛がいわしの塩辛よりもっと熟成を促進させる。

このため冬場のキムチを作るとき、翌年の春に食べるキムチ、即ち、長く貯蔵するキムチは可能な限り塩分濃度を高くし、唐辛子・塩辛などの熟成を促進させる材料は沢山の量を使用しない。

キムチの副材料として、きゅうりを使う場合にもキムチの熟成を促進させる。きゅうりにはにんにくと同じように乳酸菌の生育促進因子であるビタミンB群の含量が高く、これとかかわりがあるように見えるキムチの副材料として、人参を使用するがキムチに綺麗な色を与えると同時に、ビタミンCの供給源になるが、ビタミンCの酸化を促進させる酵素が入っている為、なるべく10%以下の人参を添加するように勧めている。また、にらは熟成を遅らせるといわれ、きゅうりキムチに良く使われているが、まだ科学的には証明されていない。

白菜キムチの副材料による香味成分の比較

香味成分	白菜のみ	+ネギ	+ニンニク	+生姜	+唐辛子
酸度 (% 乳酸)	0.31	0.54	0.54	0.37	0.55
非揮発性酸					
Lactic acid	0.33	0.94	0.99	0.76	1.64
Succinic acid	0.29	0.60	0.82	0.43	0.69
Fumaric acid	微量	微量	微量	微量	微量
Malic acid	微量	微量	0.61	微量	微量
揮発性酸					
Acetic acid	1.84	2.89	7.09	4.69	4.82
Propionic acid	0.54	0.11	0.23	0.42	1.62
Butyric/Valeric acid	0.82	0.40	0.41	0.70	0.68
Caproic acid	0.11	0.03	0.05	0.08	0.08
Heptanoic acid	0.11	0.03	0.05	0.15	0.08
炭酸ガス	40	63	86	71	66
エタノール	24	22	60	18	28

* 12～16℃ 7日間熟成

3. キムチの貯蔵と流通

1) キムチの保存性

キムチは生きている食品として、微生物によって継続的に進行される発酵は、各種有機酸と炭酸ガスなどの物質を生成しながら、製品の品質変化を誘発させる。キムチ類において原料の選別、調味料の配合及びキムチ製造技術、即ちキムチの味・風味・色などをより良くする為の技術は重要であるが、その中でも一番重要なのはキムチの保存性である。

キムチはある程度熟成期間が過ぎると、生成された乳酸量が多く、食品として摂取するのには困難な状態になる。このような現象を酸敗といい、キムチ保存期間が制限される理由のひとつになる。このようなものを総称で過熟ともいい、冬場のキムチを長期間貯蔵したり夏場キムチで頻繁に起こる現象である。キムチ保存上一番大きい問題点になる。

キムチの保存性に影響を与える一番重要な要因は熟成温度である。一般的に野菜や果物を貯蔵する時は氷点以上（0℃）の温度を適用する。しかしキムチはある程度加塩された食品であるので、これらよりは低い温度でも保存が可能である。キムチを-5℃・0℃・4℃で貯蔵しながら、キムチの熟成状態を知る基準である、適正酸度（乳酸含量%）を測定した結果、-5℃・0℃で貯蔵すると3か月以上品質が良く維持され、4℃では20日が過ぎると上記の3か月貯蔵したのと酸度が似たようになる。反面-5℃か0℃間にはあまり差がないので、わざわざ-5℃で貯蔵する必要はない、家庭の冷蔵庫に入れ熟成させる場合上記の実験結果より熟成期間が少々早まる原因は、冷蔵庫のドアの開閉が多いと、温度の変化が生じるためである。

このようにキムチの良くない形態での変化は、言うまでもなく微生物と酵素の作用の為、結局保存性を弱化させると見られる。現在キムチの新鮮度を維持しながら、保存性を高める為の研究が多角度で進行されているが、まだ低温で貯蔵する以外に流通させる方法が見つかっていない。一般的にキムチの貯蔵期間延長には色々ある。その中、微生物の汚染程度を低くすることはある程度可能であるが、完全になくすことは不可能なことである。又、加熱処理はキムチの新鮮度が損傷しない限度内で行うことと、保存料の処理は薬剤に対する抵抗性が他の複合的な微生物の集団であり、均一に混合するなどの難しい問題点が多い。低温での保存は新鮮度を保存しながら品質が保存される点では他の方法より良いが冷蔵施設が必須要件である。

2) 微生物の汚染防止

微生物もやはり生物の一種で、成育に必要な条件と環境が悪いと発育・繁殖することができない。キムチの有効な発酵と酸敗を防ぐ為にはまず微生物の成育条件と環境を与えないことである。人間に病気が多いのも微生物である細菌とウイルス・かびなどによって起きるが、病気にかからない為には予防措置と清潔な環境を作るのが重要である。キムチ類も同じく常に微生物の存在を忘れず、その予防措置を強化する必要がある。

例えば試料1g中 1.0×10^3 の菌存在し 100°C で1.5min加熱殺菌が必要とし、菌が 2.2×10^6 存在するには22minで大量の菌が存在する時は約14倍の時間が必要とする。これは防腐剤の効果においても同じく、防腐剤といえは殺菌作用があると思われやすいが、実際は微生物の発育阻止効果があるだけである。

微生物が大量存在する場合は防腐剤の効果がなく、かえって防腐剤が微生物により分解されたり、吸着したりして作用を失う場合がある。従って微生物の作用を防止する第一の手段として、まず製造作業場の器具・機械などが清潔であることと、微生物が漬物類に付着する機会と条件を少なくすることである。

又、キムチは微生物の繁殖に必要な環境を多く持っている反面、塩分濃度・酸度などのような繁殖を妨害する要因も色々持っている。従って外部から入ってくる微生物に注意しなければならない。

使用しなかった器具は微生物において良い繁殖場所になり、原料に付着された微生物は製品を作る過程で一部はなくなるが、ある程度は残ってこれが作用し、褪色・酸敗及び発酵の原因にもなる。

特に重要なのは包装過程の機械・材料などの殺菌でこれは製品内部に直接影響がないとしても、外部のカビが発生する原因になる場合が結構多い。機械及び器具類は必ず中性洗剤などで洗い、水分を拭き包装機器も同じく必ず中性洗剤などで洗い乾燥させておく。

3) 酸と塩分の調節

より積極的な対策としてキムチの塩分濃度・糖度・PHを調節することで微生物の活動を防ぐことである。食塩・砂糖などは浸透圧によって微生物の体内の水分を浸出させるため、微生物の発育が阻止されるか死滅される。PHの場合にも細菌は4.5、酵母は2.5、カビは1.5以下になると発育を阻止する。

もちろん塩と酸の相乗効果があるため、このくらいの塩分濃度・酸度では常温貯蔵も可能であるが微生物の発育適温である $20\sim 30^\circ\text{C}$ になると問題が起きる。

4) 包装

キムチを包装するのに一番難しい問題は製品が熟成・発酵中に炭酸ガスを生成する問題である。

キムチ包装方法で一般的に使用しているフィルム包装の場合大きい短点で現れる現象は、密封包装し、生成される炭酸ガスにより、包装容器の膨張とこれに伴う破損及び透明包装袋を通して、膨大された容器内部に、キムチが別々にあるように見えることによって、商品性が低下することである。

しかし現在までこのような問題を完璧に解決された包装材はまだない。ガス透過性が良い材質を使用すると容器の膨張はある程度防げるが、完全に解決はできず、かえってキムチの匂いが漏れてキムチの味と香りが悪くなり、キムチの変色を誘発させることもある。これとは反対にナイロンのようなガス透過性が悪い材質を使用した場合、味の保存面では良いが、早く膨大されて破損されてしまう短点もある。

一般的に使用しているフィルムで包装をしても、長期間流通させるとキムチの汁が漏れてきて、表面が濡れ商品性が落ちる。瓶は製品の品質性を高める容器であるが、やはり炭酸ガス発生により、瓶の内部圧力の増加によって、蓋が開きキムチの汁が漏れる短所があり、熱接着材機などを利用し、完全に密棒しても開封時に圧縮された炭酸ガスが同時に抜けてきて、内容物と汁が爆発音と一緒に出てしまう問題点がある

瓶の代わりにプラスチック容器を使用する場合、瓶から起きる問題点はもちろん発酵熟成中に生成される多くの酸により製品のPHが酸性になり、これによってプラスチック成分が湧出されたり、匂いが漏れる恐れがあるので良くない。

しかしいまでもキムチの包装において多くの問題点を抱えながらも、問題を解決する為の具体的な方案が出なく、包装材質・包装方法など包装の技術研究が必要である。

5) キムチの流通

キムチは生きている食品として、微生物により継続発酵熟成される間、炭酸ガスなどを生成する為、キムチを包装し、商品化するのには、大きな問題点があるだけではなく、製造後に継続される発酵の為、すぐ軟化現象や酸敗などの品質変化を起こし、流通上にも難しい点が多い。ましてキムチは空気がない嫌気的な条件で熟成発酵するので、製品の形態や成分の変化なしには流通させるのがかなり複雑で難しい。

又、キムチは流通中にも熟成が進行され流通期間が短いのが特徴で、国内（韓国）の流通期間は季節によって異なるが3～4日が普通でその期間が過ぎるとキムチの味の低下・包装形態の変形など商品性が落ちる。

キムチの全流過程はColdchainシステムによって行われている。国内の市中流通のための運送は、4℃程度の冷蔵施設が設備された冷蔵専用車両を利用しているが、費用がかかる理由でこれを使用しない場合も多い。輸出用の場合には零下4～2℃の冷凍コンテナで運ぶが、キムチを製造して最終消費

者までいく期間は、日本及びアジアの場合は1か月、アメリカなどの地域は2～3か月かかる。

この期間は大部分が運送期間で、販売期間はよく保管された場合でも1週間程である。キムチ販売場の大部分は0℃～6℃のShow caseを利用しているが、実際に販売業者などが温度管理をきちんとしない場合が多く、キムチの味の低下・商品の流通期間短縮を誘発させ、キムチ商品に対する消費者の認識を悪くさせる現象が起きている。

6) キムチの衛生

キムチ類は昔から我々の食卓に欠かせない重要な副食として扱って来たが、野菜類を主材料として加熱などをしないで、発酵熟成させるため、食品衛生上注意を要する。

もちろん、キムチ類の漬物において、塩の添加やキムチ関連微生物の作用で病原菌の混入、または成育を阻止させることができるが、原料が持っている農薬などの汚染程度・熟成中の良くない物質の生成などは衛生学的側面から考慮することである。

又、キムチ材料は汚染の程度が少なく、キムチの発酵熟成過程中の毒性も心配することではなく。発酵熟成中乳酸が生成され、害虫や悪い微生物の繁殖を防ぐので、衛生的な食品とも言える。

ただし、これから産業社会が発達されるにつれて、各種環境汚染が大きくなり、農薬の使用が無分別になるとこれによるキムチ材料の衛生的処理は必ず必要とする。

総合的見解及び発酵食品への認識

当社取組のキムチ類、味噌、醤油類の発酵食品は、前項での内容以前に、食べながら身についたものを、体をもって経験や実験を繰り返しながら、現実性の考察の上、味や賞味期限が設定され、今日に至る中で、発酵食品の専門的認識への経過である。

ここで、新たに認識させて頂く機会に考察出来たことは、ドイツの自然科学者ゲーテの自然観を通してでも見えてくるように…

人間が自然の中で生きているように、自然も人間の内部に生きている。

人間が自己のうちに生きるこの自然に気づき、出来る限り純粋に自然の本性を活動させるならば、自然が次に人間の魂の中に現れる時、それは創造的な自然となって現れよう。つまり、人間の魂に直観的に発生する思想となって現れるのであろう。

思惟（対象を分別すること）活動の中に自然と精神的に対応するものが生まれるのである。例えば、植物変態論は、自然との内密な共生感と植物界に働く諸力を純粋観察することから生まれた。

又、ゲーテの散文の箴言には、『理性は生成するものに向かい、悟性は生成したものに向かう』。前者は目的を顧慮せず、後者は原因を問題としない。理性は発展それ自体を喜びとし、悟性は利用をおもんばかって、何事も固定しようとする。

あらゆる発展に対する喜びが内部では創造力となり、新しい内的器官としての精神の目を開かせ、すべての植物形態の根底をなす原植物をより明確に認識させる。

個々の植物の形態は、いずれもこの原植物を源としてたえずに変態を繰り返しながら発展するのである。

ゲーテにとって人間自身の中にある神聖な自然現象が、認識の源であり、人間という存在全体が、この認識作用に関与している。

上記の自然観を通して、キムチをのぞいて見るとなれば、様々な世界が認識出来る。例えば、悟性は利用をおもんばかって何事も固定しようとするのは、賞味期限表示法により期間を設定するが、それは様々な要因により変化発展していく中での、区切りするのみである。その区切りの後にも発酵食品（キムチ）は生き物として十分食べることが出来るのに、腐敗だ、期限切れだと思い、廃棄するのは大きな問題である。

その見極めはあくまでも、食べる本人が判断する認識を一番重要としなければならないと思う。

それに対する様々な活動や作業は、製造者・流通者・消費者と一緒に連帯しながら取り組まなければならない大きな課題である。

当社は今回の考察において、牛乳・パンその他の食品を買い、その商品が示している管理の中において、その期限をチェックした結果、牛乳の場合でも期限を切った一週間後にもおいしい味で、問題なく飲用できて、その他の食品も同じような現象が起きた。

そこで、消費する側が、その自然現象の判断の主人であることを認識しなければならないと思う。特にキムチにおいては日本の食文化とは少々違い、その文化性又は、食感性は文化活動の中で普及を計っていかないと、問題があった時、ただ悪いということがかたつける問題ではなく、その問題が発見できた時、相互の認識の上、発展させていくことが肝要であると思う。

ゲートによって人間の新しい認識能力が告知され、世に認められるまでには、更に百年の時が経過しなければならなかったとはいえ、発酵食品（キムチ）の認識活動も時間はかかるが、それに徹することは人間認識にも関与しているといえよう。