

【解説】

食品産業におけるオゾン利用(2)

—食品工場環境のオゾン殺菌効果とその評価(その 2)—

内藤茂三

日本医療・環境オゾン研究会会報, Vol.6, No.4, 11-13. (1999)

## 食品産業におけるオゾンの利用（2）

## — 食品工場環境のオゾン殺菌効果とその評価（その2） —

愛知県食品工業技術センター 内藤 茂三

## 5. 食品工場の空中浮遊菌とオゾン殺菌効果

(1) 手延べ半生めん製造工場<sup>4)</sup>

手延べ半生めんに茶褐色のカビが増殖し、返品が続出した。本菌は手延べ半生めんの表面においてのみ粒状に生育することが特徴であった。そこで製造工程及び製造工場の落下菌の検討を行いその原因菌の同定、汚染源及びオゾンによる防止方法について検討した。工場内の製造工程別空中落下菌を測定した結果、空中落下菌はかどぼし室に圧倒的に多く（131個/5分間シャーレ開放）、次いでこびき、こなし、乾燥、下きり、油返しの各室の順であった。半生めんの変敗原因菌である茶褐色のカビ（*Wallemia sebi*）はこびき、かどぼし各室より検出された。製品の半生めんは水分15.5～16.2%、食塩7～8%含有しているため水分活性は0.70～0.78と低く、これは微生物の増殖しにくい状態である。本菌はこびき、かどぼし工程より二次汚染されたものであり、これらの工程をオゾンガスで殺菌を行った。オゾン濃度1.0～10.0 ppmで夜間のみ約3ヶ月処理することにより茶褐色のカビ（*Wallemia sebi*）は全く検出されず、製品の変敗現象も全くなかった。

(2) 上用まんじゅう製造工場<sup>5)</sup>

上用まんじゅう製造工場の空中浮遊菌を測定した結果、上用まんじゅう製造工場では上新粉、砂糖、あんその他の植物材料を使用するため、空中浮遊菌は他の食品の製造工場と比較して酵母、カビが多く検出され、ピンホールサンプラー法で測定した空中浮遊菌は平均して細菌55.8%、酵母24.7%、カビ19.5%となった。特に冷蔵庫の中で一番多く、ついで法冷作業台、包装台であった。またシャーレオープン法による結果もピンホールサンプラー法とほぼ同じであり平均して細菌55.2%、酵母24.3%、カビ20.5%となった。製造工程中には蒸し工程があるが、製品となってからは加熱工程がないため冷却工程及び包装工程において二次汚染が考えられる。上用まんじゅうからは*Saccharomyces cerevisiae*、*Saccharomyces pastorianus*、*Saccharomyces*、*Enterococcus faecalis*、*Micrococcus*、*Bacillus subtilis*、*Aspergillus*、*Penicillium*、*Cladosporium*、*Alternaria*が検出されたが、*Bacillus subtilis* 以外はほとんど冷却工程以降の二次汚染菌と考えられる。そこで冷却工程においてオゾン処理を行い保存中における微生物変化を測定した。オゾン濃度を0.2、0.5、1.0 ppm に設定し、10℃で30分間処理して包装し30℃で保存した結果、0.5、1.0 ppm 処理区において微生物の生育は抑制された。特にオゾン処理により生育が抑制される微生物は *Micrococcus*、*Saccharomyces*、*Enterococcus faecalis* であった。

(3) 洋菓子工場<sup>6)</sup>

洋菓子はパン類よりも腐敗、変敗しやすい生クリーム類や寒天、ペクチンなどを微生物栄養源とする好条件の調理加工品を使用する関係で、保存可能時間には特に神経を使っている。それにもかかわらず、夏期においては洋菓子の腐敗、変敗が多いのは、空中浮遊菌が多いことに由来していることが知られている。洋菓子の保存性の向上を目的として工場内のオゾン濃度を0.003～0.112 ppmに夜間のみ3年間保つことによって二次汚染菌防止した例について説明する。紫外線ランプ式オゾン発生装置を各工程の天井に計28台設置してオゾン処理を行い、処理前後の空中浮遊菌の変化を測定した。ケーキ製造工程においては湿度が高いためにオゾンが効果的に分解され、その結果、殺菌効果が高まり、特に大腸菌群、*Micrococcus*、酵母菌が著しく減少した。パイ仕上げ室パイ生地由来する*Bacillus*、酵母菌が多く検出されたが、オゾン処理によりこれらの微生物は減少した。しかし、湿度が比較的低いためオゾンの分解が抑制され、殺菌効率はケーキ製造工程よりも弱いものであった。

(4) 水産練製品加工工場<sup>7)</sup>

かまぼこ、焼ちくわなどの練製品は魚肉に食塩、でん粉、調味料などを加え、らい潰、成型後加熱して製造されるが、高水分のために非常に腐敗し易い食品である。このためこれらの製品の保存性の向上をはかるためには、より衛生的な環境下で製造する必要がある。焼ちくわの保存性の向上を目的として工場内のオゾン濃度を0.02～0.08 ppmに保つことにより二次汚染菌が著しく減少した。焼ちくわは加熱後の冷却工程中の二次汚染や包装時の人手による汚染が多く、したがって、加熱処理後に生残した芽胞菌以外に製造環境から

くる二次汚染菌による腐敗が認められた。そこでこれらの菌による変敗を防止する目的で各工程をオゾン処理し、空中浮遊菌数の変化を測定した。無声放電型オゾン発生装置を設置し、そこから配管を分岐させ、天井からオゾンを放出させた。オゾン処理開始1ヶ月後より経時的にこの工場内30地点のオゾン濃度を測定した結果は、各測定地点において大差は認められず、全て0.02~0.08 ppmの範囲であった。オゾン処理前後の空中浮遊菌を測定した結果を表5に示した。いずれの工程においても空中浮遊菌はオゾン処理により減少したが、特に菌数の多い冷却室と包装室において細菌数の減少が著しいことを認めた。これらの原因を検討す

表 5 竹輪製造工程のオゾン処理による空中浮遊菌の変化

竹輪製造工程	らい漬室		製型室		焙焼室		冷却室		包装室	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
ピンホールサンブラー法										
対照室										
6月	0.95	0.10	1.20	0.10	1.00	0.12	2.62	0.05	2.30	0.43
12月	0.83	0.09	1.00	0.08	0.80	0.10	1.50	0.02	1.10	0.25
オゾン処理室										
6月	0.50	0.05	0.60	0.05	0.50	0.10	0.26	0.02	0.28	0.02
12月	0.35	0.05	0.40	0.03	0.10	0.04	0.10	0.01	0.20	0.01
落下菌法										
対照室										
6月	45	5	98	10	18	5	62	2	51	3
12月	10	2	35	7	9	3	38	1	27	1
オゾン処理室										
6月	10	2	12	3	8	2	2	0	1	0
12月	5	1	10	1	4	1	0	0	0	0

ピンホールサンブラー及び落下菌法による表中の数字はそれぞれ空気1L当たりのコロニー数及びシャーレ5分開放により生成するコロニー数を示す。

A:細菌, B:酵母及び糸状菌

表 6 オゾン処理した竹輪製造工場から分離した空中浮遊微生物のマイクロフローラ

菌種	竹輪製造工程				
	らい漬室	製型室	焙焼室	冷却室	包装室
<i>Micrococcus roseus</i>					
対照	2 (4)	3 (5)	2 (4)	16 (12)	11 (9)
オゾン	1 (4)	2 (7)	0 (0)	3 (22)	3 (20)
<i>Micrococcus luteus</i>					
対照	10 (20)	8 (13)	6 (11)	69 (50)	40 (33)
オゾン	6 (22)	3 (12)	0 (0)	5 (36)	5 (34)
<i>Micrococcus flavus</i>					
対照	2 (4)	3 (5)	2 (4)	20 (15)	27 (22)
オゾン	1 (4)	1 (4)	1 (6)	1 (7)	2 (13)
<i>Micrococcus colpogenes</i>					
対照	12 (24)	10 (16)	10 (19)	21 (15)	33 (27)
オゾン	2 (7)	3 (12)	0 (0)	1 (7)	2 (13)
<i>Corynebacterium spp.</i>					
対照	1 (2)	1 (1)	2 (4)	1 (1)	2 (2)
オゾン	0 (0)	0 (0)	1 (6)	0 (0)	0 (0)
<i>Bacillus spp.</i>					
対照	5 (10)	5 (8)	15 (28)	5 (3)	4 (3)
オゾン	2 (7)	3 (12)	8 (50)	2 (14)	2 (13)
その他の菌種					
対照	18 (36)	33 (52)	16 (30)	6 (4)	5 (4)
オゾン	15 (56)	14 (53)	6 (38)	2 (14)	1 (7)
全体					
対照	50	63	53	138	122
オゾン	27	26	16	14	15

表中の数字は6月における空気53L中の細菌数を示す。また( )中の数字は分離菌の%を示す。

るため各工程のオゾン処理前後の空中浮遊菌叢を調べ、表6に調べた結果を示した。最も空中浮遊菌数の多い冷却室の場合、その菌叢はMicrococcus 92%、Bacillus 3%、Corynebacterium 1%その他4%であった。オゾン処理によりMicrococcus 72%、Bacillus 14%、その他14%となった。Micrococcus がオゾン処理により著しく減少した。

#### (5) 包装材料加工工場<sup>8)</sup>

一般的な包装材料の生菌数は $10^2 \sim 10^3 / \text{m}^2$ であり、製造工程の増加により二次汚染菌が多くなるためラミネートフィルムの場合はその約2倍となる。これらの微生物のうち細菌が70~80%、酵母5~10%、糸状菌10~20%を占め、細菌の中ではMicrococcus が圧倒的に多い。Micrococcus はオゾン耐性が弱いために、オゾンを利用して殺菌することは有効である。Micrococcus が多いことは包装材料加工工程での二次汚染菌が多いことを示している。そこで、包装材料加工工場の殺菌をオゾンを用いて行った。各工程ごとに紫外線ランプ式オゾン発生装置を設置し、約1~1.5年間夜間のみ0.02~0.16 ppmのオゾン濃度で処理を行い、落下微生物の変動を測定し、包装材料の微生物に及ぼす影響について検討した。オゾン処理前の工場の落下微生物はBacillusとMicrococcus が優占菌種であったが、オゾン処理によりMicrococcus が著しく減少した。オゾン処理前の包装材料加工工程の生菌数の変化を測定した結果、印刷からドライラミネーション工程にかけて生菌数が増加したが、工場のオゾン処理によりこの工程の生菌数の増加が抑制され、製品の菌数が減少した。

#### (6) 蒸し菓子工場<sup>9)</sup>

エチルアルコールを工場の殺菌剤としている蒸し菓子工場で製造された蒸しケーキに微生物に由来すると思われる赤色斑点が生成した。そこで赤色斑点の原因菌とその汚染源について検討した。蒸しケーキには製造工程に蒸し上げ工程があるため、真菌による変敗は比較的少ないと考えられる。しかし、蒸し上げ工程以降において真菌の二次汚染によって変敗するケースがみられる。製造工程中の二次汚染微生物を検討するために、工程雰囲気中の微生物菌数を測定した。本工場内は工程別に仕切られておらず、生地の原料粉の混合、生地の製造、絞り上げ、蒸し上げ、取り出し口、冷却、包装工程にいたるまで全ての同一空間内で行われているため、落下微生物はいずれの工程においても大きな差異は認められなかったが、蒸しおよび冷却工程において、落下細菌数がやや大きくなる傾向を示した。各工程における落下微生物のうち酵母はほとんどの工程で検出され、その種類はSaccharomyces、Hansenula、Candidaであった。赤褐色斑点が生成した蒸しケーキから空中浮遊菌より分離した3菌株の酵母を分離したが、これらの酵母は、いずれも赤褐色斑点生成部からはほとんど検出されず、またこれらの菌を蒸しケーキに接種して貯蔵しても赤褐色斑点の生成がみられなかった。このことからこれらの酵母は直接的な変敗の原因ではない。赤褐色斑点が生成した蒸しケーキより3菌株のカビ(Peniilliumが1菌株、Geotrichumが1菌株、Moniliellaが1菌株)を分離したが、これらのカビはいずれも赤褐色斑点生成部分から検出された。またこれらの菌を蒸しケーキに接種して貯蔵した結果、Moniliellaのみ赤褐色斑点を生成したところから、変敗原因菌であると考えられた。また、蒸しケーキ工場より分離した落下カビについても、同様に直接蒸しケーキに画線接種し、それらをPPトレイに入れて包装後25℃、7日間培養し、赤褐色斑点の出現状況を観察したところ、Moniliellaのみ赤褐色斑点の生成が認められた。種々の形態学的、生化学的諸条件を検討した結果、赤褐色斑点生成原因菌となったMoniliellaはマーガリンや乳製品などの好脂肪性基質から分離されているMoniliella suaverolensと同定した。今回、蒸しケーキ工場から検出されたMoniliella suaverolens は好脂肪性であるため、牛乳、マーガリンを使用している本工場においては生育しやすい状況にある。また本工場はエチルアルコールで工場内殺菌を行っていたため、エチルアルコールに弱いカビの増殖は抑制されたが、本菌はエチルアルコールに極めて強い耐性があるため増殖抑制効果がみられなかった。このため本工場のMoniliella suaverolens の防止対策としては、工場を清掃および種々の方法で殺菌することを基本とすれば、エチルアルコールの使用量をある程度制限することができると考えられた。このためエチルアルコールと殺菌機構が全く異なる殺菌剤であるオゾンの使用が有効と考えられた。そこで本工場では清掃、エチルアルコールの使用量を制限して夜間のみ工場内を平均0.2~0.5 ppmのオゾン処理を行った。その結果上記オゾン濃度で約6ヶ月処理することにより空中浮遊菌よりMoniellasuaverolens が全く検出されず、製品の赤褐色斑点生成も全く検出されなくなった。

## 文 献

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 4) 内藤茂三：愛知食品工試年報、25, 40 (1984) | 7) 内藤茂三、山沢正勝：防菌防黴、18, 111 (1990) |
| 5) 内藤茂三：愛知食品工試年報、27, 30 (1986) | 8) 内藤茂三：防菌防黴、21, 445 (1993)      |
| 6) 内藤茂三：防菌防黴、17, 483 (1989)    | 9) 内藤茂三：愛知食品工技年報、34, 68 (1993)   |