

食品保存へのオゾンの利用に関する研究（第23報）

果実および蔬菜のオゾン処理

内藤茂三

果実・蔬菜の収穫後における微生物による変質や腐敗は、それ自体の生理的変調によって生ずる生理障害とともに、市場病害と呼ばれる流通過程におけるものも多く、その被害は甚大である。微生物による果実、蔬菜の品質低下の実態は、微生物の繁殖による汚染と腐敗であり、これまで果実で約100種、蔬菜類では150種以上の病原微生物が関与することが明らかにされている。

果実・蔬菜は表皮に多数の微生物が付着し、サラダ等の無加熱食品の変敗菌の主要な混入源である。果実・蔬菜は洗浄後、殺菌剤などによる殺菌が行われているが、殺菌剤としては次亜塩素酸ナトリウムが多く使用されている。また温和な加熱であれば緑色を損なわず、日持ち延長効果があること¹⁾、エタノールの殺菌効果は加熱によって増強され、低濃度でも有効であることが報告されている^{2), 3)}。さらに酢酸ナトリウムも効果があり⁴⁾、エタノールおよび酢酸と温和な加熱を併用すると効果があることも報告されている⁵⁾。これらの殺菌法の欠点は、最終製品に薬剤が残存することである。そこで、最終製品に薬剤が残存しないような殺菌法が業界より要望されているためオゾンを利用することについて検討した。

実験方法

1. 供試試料

キュウリ、ニラ、カブ、タマネギ、白菜、キャベツ、ジャガイモ、大根、ネギ、アスパラガス、ニンジン、パセリ、ナス、レタス、サトイモ、イチゴ、ブドウ、レモン、メロン、グレープフルーツ

2. オゾン水による殺菌試験

オゾン水による殺菌操作は、果実および蔬菜と等量のオゾン水を滅菌ポリエチレン袋中に入れ、約1分間に10回振盪して一度目のオゾン処理とし、再び新しい袋に試料を移し同様の操作を繰り返して、経時的に処理を行った。また菌数測定試料として、各回のオゾン水処理毎に抜き取った果実、蔬菜を供した。なお対照として滅菌水による処理を同様にして行った。

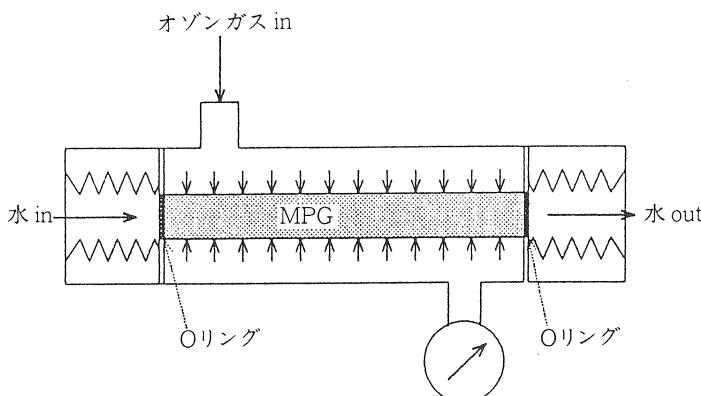
3. オゾン水の製造

オゾン水の製造は、オゾン水製造ユニット (NOR-2Z-WL-21-RKS-250, 西日本水質保障株式会社)

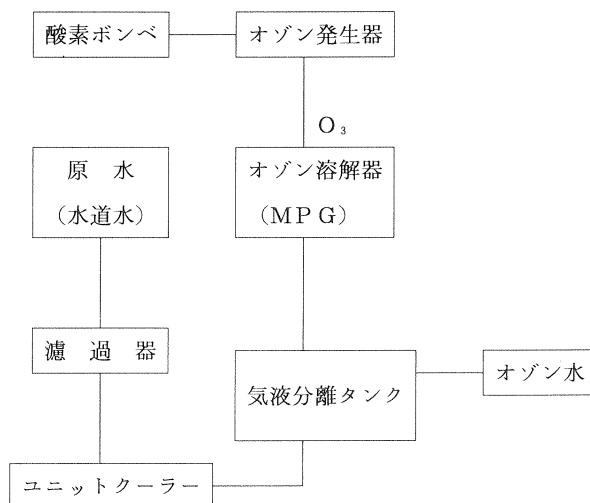
を用いた。

本装置は高濃度のオゾン水を製造するために、酸素ボンベよりオゾンを作製し、これを水に溶解させる溶解器(MPG)が備えられている。MPGはオゾンガスと水を接触させる溶解器であり、その構造を第1図に示した。

循環する水はMPGの内部を通過し、オゾンガスはMPGの外部から孔径30,000~50,000Åを通過する。このMPG細孔をオゾンガスが通過するときに微細化された状態で水と接触し溶解する。また、製造したオゾン水はこれらの気液分離タンク(100ℓ用、材質はSUS製で内面テフロンコーティング)に貯蔵した。これらのシステムを第2図に示す。使用水はイオン交換水を用い、水温5~10℃、酸素0.74kg/cm³、酸素流量1.2ℓ/min、MPG圧力0.7kg/cm²の条件で行った。



第1図 オゾン水溶解器 (MPG) の構造



第2図 オゾン水製造ユニットのシステム

4. オゾン水濃度測定器

オービスフェア Model-2750（オービスフェア・ラボラトリーズ・ジャパン株製）を用いた。

5. オゾン処理試料の貯蔵試験

オゾン水による殺菌試験を行った試料を、新しいポリエチレン袋に入れて5℃で貯蔵した。

6. 微生物菌数の測定

試料25gに滅菌生理食塩水を加えて250mlとした後ホモゲナイズし、菌数は試料液を適宜希釀して平板培養法で測定した。なお、細菌数の測定には標準寒天培地（栄研）、酵母菌数の測定にはクロラムフェニコール（ $30\mu\text{g/L}$ ）を加えたYM寒天培地（自家製）、糸状菌数の測定にはクロラムフェニコール（ $30\mu\text{g/L}$ ）を加えたツアペック寒天培地（自家製）をそれぞれ用いた。酵母菌数と糸状菌数の合計を真菌数とした。大腸菌群数の測定は、デスオキシコレート寒天培地を用いた。

7. 細菌および真菌の同定

各寒天培地に発育した微生物を釣菌し、同種の培地で2回純粋分離を行い、單一分離菌株とした。分離した細菌についてはC. Wanderzant and Nickelsonの論文⁶⁾および長谷川らの“微生物の分類と同定”⁷⁾を参考してgenusレベルでの同定を行った。また、真菌についてはスライド培養法による形態的な観察並びに生化学的性状⁷⁾を調べてgenusレベルでの同定を行った。さらに、大腸菌群についてはデスオキシコレート寒天培地上に発育した桃色～赤色の定型的な集落を釣菌し、同培地で2回純粋分離を行い、單一分離菌とした。分離菌は食品衛生法⁸⁾およびColi, Aerogenes subcommittee (1956)の記載⁹⁾に準拠し、グラム陰性非芽胞桿菌であり、乳糖ブイヨンにおいて酸とガスの産生を認め、さらにオキシダーゼ活性陰性を認めた分離菌を大腸菌群とした。

*Bacillus*および*Micrococcus*の場合は次のようにして同定した。桿菌でカタラーゼ反応陽性で芽胞を形成するグラム陽性菌を*Bacillus*とした。また均一の大きさの单状、2連状、4連状又は小房状の球菌で、カタラーゼ反応陽性、ブドウ糖を酸化的に分解し、芽胞を形成しないグラム陽性菌を*Micrococcus*とした。なお芽胞形成の有無は芽胞染色を行い顕微鏡観察で判定した。

8. 果実および蔬菜の洗剤による洗浄

一部の果実および蔬菜はオゾン処理の前に洗剤（ママレモン、ライオン株製）で処理して用いた。

実験結果

1. オゾン水濃度と生成時間との関係

オゾン水製造装置を用いてオゾン水を製造する場合、その濃度と時間との関係について検討した。オゾン水濃度は水質、水温により著しく異なるので、今回は脱イオン水（100l）を用いて5℃と10℃において酸素圧力 0.70kg/cm^2 、空気流量 1.1l/min 、MPG圧力 0.6kg/cm^2 の条件で検討した結果を第1表に示した。水温5℃の場合は、3, 5, 10, 20, 25分間処理でオゾン濃度はそれぞれ0.9, 2.0, 5.0, 11,

第1表 オゾン水濃度と生成時間との関係

時間(分)	オゾン濃度(ppm)	
	水温(℃)	
	5	10
1	0.02	0.01
2	0.05	0.02
3	0.9	0.4
4	1.5	0.8
5	2.0	1.2
6	3.1	1.5
7	3.5	1.8
8	3.8	2.2
9	4.6	2.6
10	5.0	3.0
11	5.8	3.7
12	5.9	3.9
13	6.5	4.1
14	7.3	4.4
15	7.7	4.5
16	8.2	4.7
17	9.5	4.8
18	10.5	4.8
19	10.8	4.9
20	11.0	5.0
21	12.2	5.5
22	12.7	6.2
23	13.5	6.4
24	14.6	6.8
25	15.0	7.0

酸素圧力: 0.70kg/cm², 空気流量: 1.1L/min., MPG圧力: 0.6kg/cm², 水: 脱イオン水

15ppmとなつた。

また水温10°Cでは、3, 5, 10, 20, 25分間処理で0.4, 1.2, 3.0, 5.0, 7.0ppmとなつた。通常の果実および蔬菜に付着している微生物の主体はグラム陰性菌であるため、オゾン濃度0.4~2.0ppm, 10分間処理で充分殺菌できる^{10)~12)}ため、本条件では比較的短時間に所定濃度のオゾン水が製造できることが分かった。

2. 果実および蔬菜の微生物

収穫直後の果実および蔬菜の表面には正常な微生物のほか、土壤、水中の微生物、人間に付着している微生物および植物病原微生物などが付着しているが、それらの割合、総菌数は部位や環境条件によって異なる。特に蔬菜類は季節、産地により変化が大きいことが経験的に知られている。これらは水洗いなどによって表面の菌数は減少できるが、通導組織を経て内部にまで菌は侵入しており、これらの菌の洗浄による除去は難しい。

また果実においては成熟に伴う菌数の増加が知られているが、これは熟すると表皮が柔らかくなり微生物の増殖が容易になることと、昆虫や鳥類により汚染が増大するためである。

果実および蔬菜の微生物菌数の測定結果を第2表に示した。また一部の試料は外部と中心部の菌数を測定した。果実は $10^6\sim10^8/g$ 、蔬菜は $10^4\sim10^8/g$ と非常に多いことを認めた。従来、健全な植物体内には一般に微生物は少ないと考えられてきたが、本試料の中心部では $10^2\sim10^5/g$ の菌が検出された。これは前述のように収穫後、貯蔵期間が長くなるにつれて通導組織を経て内部に入って増殖するものと考えられる。このため、外部付着菌の菌叢と中心部の菌の菌叢が極めてよく似ており、いずれも *Micrococcus* spp.が多く検出された。これらの微生物は健全な組織であっても貯蔵期間が長くなるに従って組織中で徐々に増殖しており、組織が傷つけられたような時には、急速に増殖が進むものと考えられる。

一般的に果実および蔬菜に最も多い微生物は *Micrococcus* spp. ($10^4\sim10^7/g$) であり、大腸菌群は $10\sim10^4/g$ 検出された。これらの菌は、オゾンに対して抵抗力がないため、オゾン処理は効果があると考えられる¹³⁾。しかし、中心部の菌は全く殺菌されないため $10^2\sim10^5/g$ 以下の菌数に減少することはない。

3. オゾン水による殺菌処理

果実および蔬菜の除菌方法は、従来主に水洗又は洗剤使用による洗浄と塩素処理（次亜塩素酸ソーダ使用）が一般的であったが、適用方法いかんによっては除去効果は十分とはいえない。

そこでまず、果実および蔬菜の滅菌水による処理を行つた。水温5°C, 10分間処理を行つた後、果実および蔬菜全体の微生物菌数を測定した。表には示さなかつたが、菌数の減少は少なく最大 $1/10$ 程度に減少するにとどまつた。滅菌水による洗浄は表皮をこすったり、洗剤を用いたりせず、ポリエチレン袋中でゆする方法で実施した。果実および蔬菜の微生物の多くは表皮に付着しており、洗浄は有効な手

第2表 果実および蔬菜の微生物

	<i>Micrococcus sp.</i>	<i>Bacillus sp.</i>	菌種/g	大腸菌群	酵母	糸状菌	総菌数/g
キュウリ							
外	2.5×10^7	4.5×10^3		6.5×10^3	3.8×10^2	3.2×10^2	2.7×10^7
中	5.0×10^2	3.2×10		3.7×10	2.8×10	—	5.8×10^2
ニラ	1.2×10^6	6.8×10^4		2.1×10^3	3.2×10	3.7×10	1.5×10^6
カブ							
外	3.5×10^6	6.1×10^4		1.2×10^3	4.2×10^2	2.5×10	3.8×10^6
中	5.2×10^2	3.2×10		5.7×10	2.0×10	—	6.1×10^2
タマネギ							
外	4.3×10^6	5.9×10^5		3.8×10^3	3.2×10	2.1×10	5.2×10^6
中	5.7×10^4	2.7×10^3		2.1×10^2	2.7×10	—	7.2×10^4
白菜							
外	2.0×10^5	7.8×10^4		3.2×10^2	3.6×10^2	4.1×10^2	3.6×10^5
中	2.1×10^4	6.2×10^3		2.7×10^2	2.1×10^2	—	2.9×10^4
キャベツ							
外	1.2×10^7	6.2×10^5		2.6×10^4	5.2×10^2	3.1×10	1.7×10^7
中	5.2×10^4	4.3×10^3		3.2×10^2	6.2×10^2	—	7.8×10^4
ジャガイモ							
外	1.5×10^5	1.8×10^5		1.3×10^2	3.2×10	5.3×10^2	3.7×10^5
中	1.3×10^3	2.9×10^3		1.0×10^2	3.0×10	—	4.6×10^3
大根							
外	4.0×10^6	8.9×10^5		8.7×10^2	6.5×10	3.9×10	5.7×10^6
中	1.5×10^3	1.0×10^3		1.0×10^2	4.3×10	—	2.8×10^3
ネギ	5.9×10^5	4.9×10^3		2.5×10^2	—	5.6×10	6.5×10^5
アスパラガス	5.8×10^7	5.9×10^4		3.5×10^3	2.0×10	3.7×10	6.8×10^7
ニンジン							
外	4.8×10^6	3.9×10^5		3.2×10^3	2.0×10	5.9×10	5.5×10^6
中	4.8×10^4	5.3×10^3		1.2×10^2	1.2×10	—	6.2×10^4
パセリ	5.0×10^6	3.8×10^4		5.1×10^3	—	3.2×10	5.7×10^6
ナス							
外	3.9×10^4	4.7×10^3		2.1×10^2	—	—	5.1×10^4
中	2.0×10^3	1.2×10^3		1.2×10^2	—	—	3.4×10^3
レタス	6.0×10^6	5.7×10^5		4.1×10^4	—	—	6.8×10^6
サトイモ							
外	4.3×10^5	3.8×10^4		3.8×10	—	—	5.3×10^5
中	2.0×10^3	2.1×10^2		3.0×10	—	—	2.6×10^3
イチゴ	5.2×10^6	3.8×10^3		3.9×10^2	3.9×10	5.9×10	6.8×10^6
ブドウ	3.9×10^5	5.6×10^3		4.7×10^2	2.1×10	4.3×10	5.3×10^5
レモン							
外	5.7×10^6	5.6×10^5		6.9×10^3	—	2.9×10	7.1×10^6
中	2.6×10^3	2.7×10^2		2.8×10	—	—	3.8×10^3
メロン							
外	6.1×10^7	6.4×10^5		3.5×10^4	6.3×10	3.7×10	7.2×10^7
中	1.1×10^4	3.1×10^2		3.2×10^2	5.3×10	—	1.2×10^4
グレープフルーツ							
外	3.8×10^6	5.3×10^5		8.2×10^3	2.7×10^2	4.6×10	6.2×10^6
中	1.3×10^3	3.9×10^2		2.7×10^2	4.2×10^2	—	3.2×10^3

— : 検出せず

段と考えられたが、ほとんど効果がなかった。これは多くの果実および蔬菜の表皮は蠣状物質があり水をはじくためであり、したがって強力な洗浄により表皮から菌を除去する手段が必要と考えられる。しかし、洗浄により果実および蔬菜の表皮の有機物が除去されてくるので表皮組織が傷ついているものと思われる。そこで表皮組織を傷めることなく表皮から微生物を分離させ、殺菌するためにオゾン水処理を行った。果実および蔬菜を洗浄しないで、オゾン水濃度0.9, 2.0, 5.0ppm、温度5℃で10分間処理を行った結果を第3表に示した。その結果、0.9ppmのオゾン水処理区においては、キュウリ、ニラ、カ

第3表 果実および蔬菜のオゾン水処理による殺菌効果

	オゾン水濃度 (ppm)					
	生菌数/g			大腸菌群/g		
	0.9	2.0	5.0	0.9	2.0	5.0
キュウリ	3.8×10^6	8.6×10^5	5.3×10^5	5.2×10^2	5.9×10	4.1×10
ニラ	2.5×10^5	6.1×10^4	2.8×10^4	8.1×10^2	3.3×10	2.6×10
カブ	4.6×10^5	3.7×10^4	1.2×10^4	3.5×10^2	8.5×10	6.2×10
タマネギ	2.1×10^5	3.4×10^4	2.2×10^4	5.1×10^2	3.9×10^2	2.7×10^2
白菜	6.1×10^4	4.6×10^4	3.3×10^4	3.8×10^2	3.5×10^2	3.2×10^2
キャベツ	1.2×10^6	3.8×10^5	1.5×10^5	2.0×10^3	7.2×10^2	5.5×10^2
ジャガイモ	7.5×10^4	1.2×10^4	8.3×10^3	1.3×10^2	1.2×10^2	1.2×10^2
大根	5.8×10^5	3.6×10^4	1.2×10^4	5.5×10^2	3.9×10^2	2.8×10^2
ネギ	1.8×10^4	6.6×10^3	2.7×10^3	8.2×10	5.2×10	3.1×10
アスパラガス	2.8×10^6	5.3×10^5	1.0×10^5	8.1×10^2	6.2×10	3.2×10
ニンジン	7.1×10^5	8.6×10^4	1.3×10^4	3.2×10^2	2.5×10^2	1.7×10^2
パセリ	7.9×10^5	1.6×10^5	8.3×10^4	7.5×10^2	1.9×10^2	9.8×10
ナス	6.8×10^3	5.2×10^3	4.3×10^3	1.8×10^2	1.5×10^2	1.4×10^2
レタス	5.2×10^5	3.6×10^5	6.1×10^4	5.2×10^3	7.9×10^2	5.8×10^2
サトイモ	4.8×10^4	2.6×10^4	7.3×10^3	3.5×10	3.2×10	3.0×10
イチゴ	7.2×10^5	2.8×10^5	9.3×10^4	1.2×10^2	6.9×10	3.8×10
ブドウ	6.7×10^4	1.6×10^4	6.9×10^3	1.3×10^2	5.3×10	2.2×10
レモン	1.1×10^6	6.4×10^5	2.1×10^5	1.2×10^2	8.2×10	5.9×10
メロン	8.8×10^6	3.9×10^6	1.1×10^6	8.2×10^2	6.9×10^2	6.2×10^2
グレープフルーツ	1.1×10^6	6.4×10^5	1.4×10^5	9.2×10^2	6.3×10^2	5.7×10^2

オゾン水温度：5℃、処理時間：10分

微生物菌数の測定は果実および蔬菜全体を分析した。

ブ, タマネギ, 白菜, キャベツ, ジャガイモ, 大根, ネギ, アスパラガス, ニンジン, パセリ, ナス, レタス, サトイモ, イチゴ, ブドウの生菌数は約1/10となり, 2.0ppm処理ではさらにこれらの菌数は減少し, 5.0ppm処理で約1/100となった。

また大腸菌群も大部分の試料において0.9ppm処理で約1/10となり, 5.0ppm処理で約1/100となつた。生菌数がオゾン処理により比較的減少しにくい試料は, レモン, メロン, グレープフルーツであった。これらは表皮に凹凸があり表面積が大きいことと, 表皮に水をはじく物質があるためであると考えられる。またオゾン水処理による大腸菌群の殺菌は, キャベツ, パセリ, レタスでは表面積が大きいため困難であった。今回の微生物菌数の測定は, 果実および蔬菜をカットせず用いたために, 内部の菌は全く殺菌されずそのまま検出されたと考えられる。さらに未洗浄のためオゾンが有機物に消費されて効力が減少したため, 菌数低下が少なかったと推定される。

次に果実および蔬菜を滅菌水で洗浄後, オゾン水処理を行つた。滅菌水で10分間洗浄後, オゾン水濃度0.9, 2.0, 5.0ppm, 水温5℃, 10分間処理を行つた結果を第4表に示した。

水洗後のオゾン水処理によりニラ, カブ, キャベツ, 大根等の生菌数および大腸菌群数はオゾン水単独処理よりも減少した。これらの試料は表皮に水をはじく物質が比較的少ないために殺菌の効果が高まつたと考えられる。果実および蔬菜は水洗後のオゾン処理によりオゾン水単独処理より若干殺菌効果が高まる程度であった。これは水洗処理では, 表皮に付着した微生物や有機物は除去できないことを示している。

そこで洗剤を用いて洗浄後, オゾン水処理を行つた。果実および蔬菜を洗剤で洗浄後, オゾン水濃度0.9, 2.0, 5.0ppm, 水温5℃, 10分間処理を行つた結果を第5表に示した。

水洗後オゾン処理区に比較して洗剤で洗浄後オゾン処理区は全体的に菌数は減少する傾向を示した。生菌数についてはキュウリ, ニラ, キャベツ, 大根, レタス, サトイモ, イチゴ, ブドウ, メロン, グレープフルーツの生菌数の減少が, 特に2.0ppm以上のオゾン水処理区で著しいことを認めた。

また大腸菌群はキュウリ, ニラ, カブ, イチゴ, ブドウ, レモンにおいて著しい減少がみられ, 特にイチゴ, ブドウ, レモンの2.0ppm以上のオゾン水処理区には全く認められなかつた。

4. オゾン水処理した果実および蔬菜の貯蔵

洗剤で洗浄後, 2.0ppmオゾン水処理を行つた果実および蔬菜を充分に水を切つた後, ポリエチレン袋に入れて5℃で貯蔵を行つた結果を第6表に示した。貯蔵中に生菌数が減少するものとしてニラ, カブ, 大根, イチゴ, ブドウ, レモン, メロンが挙げられる。キュウリは貯蔵5日後まではやや減少したが, 7日後ではやや増加した。また貯蔵中に大腸菌群が減少するものとしてニラ, ネギ, アスパラガス, パセリ, レタスが挙げられる。イチゴ, ブドウ, レモンは貯蔵開始時より全く大腸菌群は検出されなかつた。キュウリ, カブ, タマネギ, 白菜, キャベツ, ジャガイモ, 大根, ニンジン, ナス, サトイモ, メロン, グレープフルーツなどの内部に入ったものや, 組織の中に入った大腸菌群は貯蔵による減

第4表 果実および蔬菜の水洗後のオゾン水処理による殺菌効果

	オゾン水濃度 (ppm)					
	生菌数／g			大腸菌群／g		
	0.9	2.0	5.0	0.9	2.0	5.0
キュウリ	9.2×10^5	3.6×10^5	7.6×10^4	1.2×10^2	3.9×10	3.5×10
ニ ラ	6.7×10^4	1.1×10^4	8.2×10^3	1.1×10^2	2.3×10	1.6×10
カ ブ	1.1×10^5	1.7×10^4	6.4×10^3	1.5×10^2	8.5×10	6.2×10
タマネギ	1.0×10^5	8.1×10^4	7.5×10^4	3.1×10^2	3.0×10^2	2.3×10^2
白 菜	4.1×10^4	3.6×10^4	3.0×10^4	3.1×10^2	2.9×10^2	2.7×10^2
キャベツ	8.5×10^5	3.8×10^5	1.0×10^5	1.0×10^3	6.2×10^2	4.5×10^2
ジャガイモ	5.3×10^4	1.0×10^4	6.1×10^3	1.2×10^2	1.1×10^2	1.0×10^2
大 根	1.2×10^5	2.3×10^4	1.0×10^4	3.1×10^2	2.1×10^2	1.5×10^2
ネ ギ	1.0×10^4	2.6×10^3	1.7×10^3	6.3×10	4.1×10	2.0×10
アスパラガス	1.2×10^6	2.1×10^5	9.3×10^4	5.1×10^2	5.2×10	2.1×10
ニンジン	5.1×10^5	7.1×10^4	6.3×10^4	2.2×10^2	1.8×10^2	1.5×10^2
パセリ	6.3×10^5	8.3×10^4	5.1×10^4	4.5×10^2	1.0×10^2	6.8×10
ナ ス	5.8×10^3	4.0×10^3	3.8×10^3	1.5×10^2	1.4×10^2	1.3×10^2
レタス	3.1×10^5	1.5×10^5	5.1×10^4	3.1×10^3	6.2×10^2	3.1×10^2
サトイモ	1.2×10^4	1.0×10^4	5.2×10^3	3.2×10	3.0×10	3.0×10
イチゴ	5.2×10^5	3.1×10^5	6.3×10^4	1.0×10^2	5.2×10	2.1×10
ブドウ	4.3×10^4	1.0×10^4	3.1×10^3	5.1×10	3.3×10	1.2×10
レモン	7.2×10^5	3.1×10^5	1.0×10^5	7.2×10	5.1×10	3.1×10
メロン	3.1×10^6	1.2×10^6	5.2×10^5	7.1×10^2	5.0×10^2	4.2×10^2
グレープフルーツ	8.1×10^5	3.4×10^5	1.0×10^5	6.2×10^2	4.1×10^2	3.1×10^2

オゾン水温度：5℃，処理時間：10分

微生物菌数の測定は果実および蔬菜全体を分析した。

第5表 果実および蔬菜を洗剤で洗浄後のオゾン水処理による殺菌効果

	オゾン水濃度 (ppm)					
	生菌数／g			大腸菌群／g		
	0.9	2.0	5.0	0.9	2.0	5.0
キュウリ	2.1×10^5	6.1×10^4	2.3×10^4	5.3×10	3.8×10	3.7×10
ニ ラ	2.6×10^4	6.8×10^3	1.0×10^3	5.0×10	2.1×10	1.0×10
カ ブ	8.9×10^4	1.0×10^4	3.4×10^3	9.5×10	7.5×10	6.0×10
タマネギ	1.0×10^5	8.0×10^4	7.3×10^4	2.9×10^2	2.8×10^2	2.3×10^2
白 菜	3.7×10^4	3.8×10^4	3.1×10^4	2.8×10^2	2.9×10^2	2.8×10^2
キャベツ	4.1×10^5	1.1×10^5	9.0×10^4	6.1×10^2	5.2×10^2	3.5×10^2
ジャガイモ	4.3×10^4	7.3×10^3	6.1×10^3	1.1×10^2	1.1×10^2	1.0×10^2
大 根	8.1×10^4	1.3×10^4	6.2×10^3	2.1×10^2	1.1×10^2	1.2×10^2
ネ ギ	7.5×10^3	1.6×10^3	1.5×10^3	3.3×10	2.1×10	1.0×10
アスパラガス	8.2×10^5	1.0×10^5	2.6×10^4	1.1×10^2	2.2×10	1.1×10
ニンジン	3.1×10^5	6.8×10^4	6.5×10^4	1.8×10^2	1.5×10^2	1.3×10^2
パセリ	2.1×10^5	5.1×10^4	1.1×10^4	1.5×10^2	6.7×10	2.8×10
ナ ス	5.1×10^3	3.7×10^3	3.7×10^3	1.4×10^2	1.4×10^2	1.2×10^2
レタス	1.0×10^5	4.7×10^4	2.1×10^4	1.1×10^3	3.2×10^2	1.1×10^2
サトイモ	8.2×10^3	6.0×10^3	5.1×10^3	3.1×10	3.0×10	3.0×10
イチゴ	3.1×10^5	3.7×10^4	1.0×10^4	5.1×10	—	—
ブドウ	2.3×10^4	5.0×10^3	1.1×10^3	3.1×10	—	—
レモン	1.6×10^5	6.8×10^4	1.3×10^4	5.2×10	—	—
メロン	1.1×10^6	5.2×10^5	1.0×10^5	4.1×10^2	4.0×10^2	3.6×10^2
グレープフルーツ	3.2×10^5	7.2×10^4	1.4×10^4	3.2×10^2	3.1×10^2	2.7×10^2

オゾン水温度：5℃、処理時間：10分、—：検出せず

微生物菌数の測定は果実および蔬菜全体を分析した。

第6表 果実および蔬菜を洗剤で洗浄後のオゾン水処理による貯蔵試験

	貯蔵期間（日）					
	生菌数／g			大腸菌群／g		
	2	5	7	2	5	7
キュウリ	1.1×10^4	1.2×10^4	6.3×10^4	3.8×10	3.7×10	3.7×10
ニ ラ	4.6×10^3	2.1×10^3	1.2×10^3	1.5×10	—	—
カ ブ	8.7×10^3	5.1×10^3	2.1×10^3	6.5×10	6.5×10	6.3×10
タマネギ	7.2×10^4	8.5×10^4	9.2×10^4	2.8×10^2	2.5×10^2	2.3×10^2
白 菜	3.8×10^4	4.6×10^4	5.1×10^4	2.9×10^2	2.6×10^2	3.2×10^2
キャベツ	1.5×10^5	6.7×10^5	8.6×10^4	4.6×10^2	3.8×10^2	3.5×10^2
ジャガイモ	8.3×10^3	6.2×10^3	7.5×10^3	1.2×10^2	1.0×10^2	1.5×10^2
大 根	1.0×10^4	5.2×10^3	3.7×10^3	1.0×10^2	1.5×10^2	2.0×10^2
ネ ギ	1.5×10^3	1.0×10^3	1.2×10^3	1.7×10	—	—
アスパラガス	6.7×10^4	5.2×10^4	3.2×10^4	2.0×10	—	—
ニンジン	8.7×10^4	7.5×10^4	9.2×10^4	1.7×10^2	1.8×10^2	1.4×10^2
パセリ	3.7×10^4	1.7×10^4	1.0×10^4	3.7×10	—	—
ナ ス	5.6×10^3	6.2×10^3	7.5×10^3	1.3×10^2	1.6×10^2	1.5×10^2
レタス	3.1×10^4	1.2×10^4	2.0×10^4	6.8×10	—	—
サトイモ	8.0×10^3	9.2×10^3	1.4×10^4	3.7×10	5.2×10	4.1×10
イチゴ	2.1×10^4	1.0×10^4	6.5×10^3	—	—	—
ブドウ	3.8×10^3	2.1×10^3	1.0×10^3	—	—	—
レモン	5.1×10^4	1.2×10^4	7.9×10^3	—	—	—
メロン	5.8×10^5	3.7×10^5	1.0×10^5	3.8×10^2	4.0×10^2	3.5×10^2
グレープフルーツ	6.5×10^4	4.7×10^4	5.7×10^4	3.0×10^2	2.8×10^2	2.8×10^2

オゾン水濃度：2.0ppm, オゾン水温度：5℃, 処理時間：10分, 貯蔵温度：5℃, 包装形態：ポリエチレン袋詰微生物菌数の測定は果実および蔬菜全体を分析した。

—：検出せず

少はみられなかった。

考 察

キュウリ、ニラ、カブ、タマネギ、キャベツ、大根、アスパラガス、ニンジン、パセリなどの原料野菜などには通常 $10^6 \sim 10^8 / g$ の細菌が存在する。*Micrococcus*が最も多いが、*Bacillus*、大腸菌群、乳酸菌、低温菌も多く存在する。

蔬菜の大腸菌群は、通常、土壤由来であることが経験的に知られている。蔬菜の大腸菌群の菌型は *Klebsiella* I 型¹⁴⁾、土壤由来とされる *Citrobacter* がほとんどである¹⁵⁾。

蔬菜は栽培中灌漑水、土壤などから大腸菌群に汚染され、葉菜中では 1 ヵ月以上も生存し、灌漑水が不潔な場合には糞便由来の *E. coli* (大腸菌) も認められ、かつ同菌が多数存在するときはサルモネラ菌も高頻度に検出されることも知られている¹⁶⁾。通常の蔬菜の大腸菌群の汚染経路は、まず土壤等で *Citrobacter*, *Klebsiella* I 型に汚染され、収穫後人手、機械、器具、容器あるいは空中などからの汚染が加わってその他の大腸菌群に汚染され、 $10 \sim 10^5 / g$ の菌数が検出されたと考えられる。

イチゴ、ブドウ、レモン、メロン、グレープフルーツの果実においても $10^6 \sim 10^8 / g$ の生菌数、 $10 \sim 10^5 / g$ の大腸菌群が検出された。

健全な果実や蔬菜組織中にも細菌が存在することが報告されている^{17)~20)}。今回、測定したキュウリ、カブ、タマネギ、白菜、キャベツ、ジャガイモ、大根、ニンジン、ナス、サトイモ、レモン、メロン、グレープフルーツの中心部(内部)においても $10^2 \sim 10^5 / g$ の生菌数、 $10 \sim 10^3 / g$ の大腸菌群を検出したことから、栽培中における内部汚染が進行しているものと考えられる。内部に侵入した微生物は通常の殺菌方法では全く減少させることができず、そのため果実、蔬菜の殺菌効率は劣っていた。今回、オゾン水処理を行うことにより、約 $1/10 \sim 1/100$ に減少することができたが内部の菌の減少は極めて少なかった。表皮の水洗によりオゾン水処理効果はやや高まったが、著しい効果は認められなかった。

表皮の菌および有機物の減少には洗剤で洗浄後、オゾン水処理を行うことが、著しい効果を挙げることとなった。これは表皮に付着している水をはじく物質が洗剤中の界面活性剤によりその作用が弱められたために微生物に適確にオゾンが作用したものと考えられる。またこの処理品を 5 ℃ で貯蔵することにより、一部の試料に生菌数や大腸菌群が減少する傾向が認められた。これは表皮等に付着している微生物がオゾン水処理により損傷を受け²¹⁾、分裂が正常に行われなくなり減少したものと考えられる。

オゾンには浸透力が全くないために、内部の微生物には全く作用しないと考えられる。

要 約

1. 果実および蔬菜の表皮にはそれぞれ $10^6 \sim 10^8 / g$, $10^4 \sim 10^8 / g$ の生菌数と、 $10 \sim 10^5 / g$ の大腸

菌群が検出された。キュウリ、カブ、タマネギ、白菜、キャベツ、ジャガイモ、大根、ニンジン、ナス、サトイモ、レモン、メロン、グレープフルーツの中心部（内部）には、 $10^2 \sim 10^5 / g$ の生菌数、 $10 \sim 10^3 / g$ の大腸菌群を検出した。

2. 果実および蔬菜にオゾン水処理を行った結果は次のとおりであった。0.9ppmオゾン水処理により生菌数および大腸菌群数のいずれも約1/10となった。5.0ppm処理では生菌数および大腸菌群数のいずれも約1/100となった。

水洗後オゾン水処理により菌数は減少し、洗剤による洗浄後のオゾン水処理では、さらに菌数が減少し、特に大腸菌群数の減少が著しかった。

3. 洗剤で洗浄後、オゾン水処理した果実および蔬菜をよく水を切ってポリエチレン袋に入れて貯蔵した結果、ニラ、カブ、大根、イチゴ、ブドウ、レモン、メロンは貯蔵中に菌数が減少した。これはオゾン処理により損傷した微生物が、増殖力を失ったものと思われ、特に大腸菌群数の減少が著しかった。

文 献

- 1) 若林ら：新潟食研報，16, 1 (1979)
- 2) 菊池ら：同上，18, 23 (1981)
- 3) 菊池ら：同上，20, 7 (1985)
- 4) 宮尾：東京農試報，14, 57 (1981)
- 5) 菊池ら：新潟食研報，24, 25 (1989)
- 6) Wanderzant, C. and Nickelson, R. : J. Milk and Food Tech., 32, 357 (1969)
- 7) 長谷川式治編著：微生物の分類と同定（上），（下），株学会出版センター(1984)
- 8) 厚生省食品衛生課，乳肉衛生課，食品化学課編：食品法規必携，152 (1975)，中央法規（東京）
- 9) 坂崎利一：メディアサークル，11, 73 (1966)
- 10) 内藤ら：日食工誌，29, 1 (1982)
- 11) 内藤ら：愛知食品工試年報，26, 104 (1985)
- 12) 内藤：愛知食品工試年報，27, 30 (1986)
- 13) Burleson, G.R. : Appl. Microbiol., 29, 340 (1975)
- 14) 斎藤ら：食品衛生研究，28, 113 (1978)
- 15) 内藤：未発表
- 16) Geldreich, E.E. et al : J. Milk Food Technol., 34, 184 (1971)
- 17) Samish, Z., et al : Food Manuf., 34, 17 (1959)
- 18) Samish, Z., et al : Appl. Microbiol., 9, 20 (1961)
- 19) Samish, Z., et al : J. Food Sci., 28, 259 (1963)

- 20) Menely, J.C. et al : J. Food Sci., 39, 1267 (1974)
- 21) 内藤：包装研究, 8, (2), 15 (1988)