

もやし製造技術に関する研究

青木睦夫 沼田邦雄 宮尾茂雄

Studies on the Manufacturing Technique

of Black Matpe Sprouts

Mutsuo AOKI, Kunio NUMATA & Shigeo MIYAO

Summary

In this work, some manufacturing technique of black matpe sprouts were studied. Results obtained were as follows.

1. Taking into account the sprouting rate, immersing temperature and time, suction rate and economy of energy, it was the best way to immerse black matpe for 10-15 hours into the water at 25°C.
2. The bacterial effect of chlorinated lime was expected to immerse the black matpe into the chlorinated water of 200 ppm above as chlorine for an hour.
3. Residual rate of chlorine in water for the immersion was 50%, 20-30%, 10-20%, below 10%, respectively, after 1, 2, 4, 6 hours.
4. It was sufficiently possible to produce the commercial valuable bean sprouts by manufacturing at 25°C.
5. Though the volume of watering the black matpe is 600 l/m² at the case of 50 kg/m² of them in generally, it can be reduced to 300-450 l/m².
6. The water temperature for watering was adequate at 18°C.
7. Since ethylene gas is used in order to thicken the stem of bean sprouts, the optimum gas concentration and the time for use were studied. Consequently, it needed 1-2 ppm of ethylene gas and began the use of gas after 5 days from the immersing the black matpe.
8. The adequate method to use ethylene gas was for an hour a day treatment.
9. It seemed that carbon dioxide gas could not thicken the stem of bean sprouts.
10. Various plant pathogenic organisms multiplied and spoiled the bean sprouts. Therefore, major spoilage organisms isolated from the bean sprouts were identified as *Erwinia carotovora* (bacterial soft rot disease), *Pseudomonas fluorescens* Biotype II (bacterial stem rot disease), *Macrophomina phaseoli* (charcoal rot disease), *Fusarium solani* (stem rot disease), *Rhizoctonia solani* (seedling blight disease) and *Colletotrichum* sp. (anthracnose disease). In order to prevent the occurrence of those diseases, it was necessary to add chlorinated lime and microbial enzyme

“Eden” when immersion of black matpe.

11. Viable bacterial counts of bean sprouts were 10^7 /g. in generally. Therefore, it is difficult to lay down the counterplan against the putrefaction of them. Major bacteria isolated from them were *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Erwinia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* and *Alcaligenes*. Because of bacterial growth, the shelf-life of bean sprouts is shortened and the putrefactive odor is produced. In order to prevent those damages, the bean sprouts must be washed with sodium hypochlorite solution. Residual bacterial counts were 10^6 , 10^5 , 10^4 /g., respectively, 100, 200-600, 1000-5000 ppm of sodium hypochlorite solution. And it was more effective by the combined use of organic acids or washing reagents.

12. The washing method by chlorinated water and organic acids were studied. It was effective to prolong the storage period that the bean sprouts were immersed in 0.5% lactic acid solution and chlorinated water. By this method, the storage period was prolonged 4 days.

緒言

一般にもやしと呼ばれているものは黒緑豆（ブラック・マッペ），緑豆，大豆，アルファルファなどの種子を催芽させたものの総称で，量的にはブラック・マッペを原料にしたもののがもっとも多く，すべてタイ，ビルマ，オーストラリア，中国から輸入している。

全国の企業数は約800であり，年間の生産量は35～40万トン，また生産額は300～400億円に達している。

もやし製造方法は東，西日本に大別され東日本ではブラック・マッペを浸漬後，散水した水の除去を早める目的で，高床式の生育箱に置き上から散水して生育させる方法である。西日本ではじか作りと言われる方法で，浸漬と生育を同じ容器内で行っている。

その他もやしの形状も異なり，東日本では太いもやし，西日本では細長いものが好まれている。そのため東日本ではエチレンガスを施用し，もやしの細胞肥大をはかり太くしている。西日本では酸素の供給を多くして生育を早めている。

ブラック・マッペを原料にしたもやしの製造工程は最初に浸漬から始めるが，高温度浸漬法を採用している所が多い。この方法は温湯製造エネルギーを多く必要とし，コスト軽減のために低温度浸漬法の開発が望まれている。

製造温度は年間28～40℃，湿度は80～90%に維持されそのため暖房用燃料として石油やガスを用いているが，高温製造ではもやしの製造コスト高を招くと同時に熱エネルギーの効率的利用からも低温度製造法の確立が強く望まれている。

もやしの製造期間は催芽前の浸漬を含め8～9日間で

ある。この期間中1回の散水量 $600\ell/m^2$ 程度を1日4回散水する。この水と製品もやしの洗浄水量をあわせるとブラック・マッペ1トンに対し400～600倍量の水を使用するので食品業界の中でも多くの水を使用する企業と言われ，地下水の多量汲み上げによる地盤沈下が大きな社会問題となっている今日，節水型産業への転換は大きな課題となっている。一方，東京では使用した水量に対し下水道料金が課せられることからも，節水型もやし製造方法の確立は急務であると考えられる。

東日本ではもやしを太くする目的でエチレンガスを施用することは先に述べたが，施用方法や量についての一定の指標がないのが現状である。このガスは使用を誤まると爆発があるので安全で効果的な使用方法の解明が求められている。

もやし製造において腐敗の発生が見られる。これは経済的損失とあわせて廃棄場所がなく大きな問題となっている。また原因の追求や対策が明らかでなく，企業にとっては，死活問題にもなっている。

製品になったもやは家庭用，業務用に包装されて出荷されているが日持ちが非常に短かいので，鮮度保持阻害要因を明らかにし，鮮度保持向上をはかることは生産者，消費者にとって有益なことである。

以上述べたように東日本タイプのもやしの健全な製造技術に関する課題について，一定の基準がないのが現状である。そこで，これらについて具体的な検討を行ない，若干の知見を得たので報告する。

I 実験方法

1. 原料

タイ国産（1980～1985年）ブラック・マッペ、4mm筋選別のものを使用した。

2. 製造装置

製造室 $180 \times 180 > 2,200 \text{ cm}^2$ 、自動温湿度調整、自動往復散水機内蔵、散水量 $0 \sim 1000 \ell / m^2$ 、富士電気製エチレンおよび炭酸ガス調整器、散水タンク1トン、製造床面積 $1 m^2$ を使用した。

3. 製造方法

(1) 原料の洗浄と殺菌

滅菌を目的とした洗浄を原料と同量の無菌水で $0 \sim 5$ 回行い、一般生菌数を常法に従って測定した。同時に高度サラシ粉を浸漬水に添加して殺菌効果を調べた。

(2) 原料の浸漬

原料 5 kg 、 $20 \sim 40^\circ\text{C}$ の温湯 13ℓ 、 $2 \sim 24$ 時間浸漬し、 30°C 定温器にて発芽させ発芽率を調べた。吸水率は浸漬した原料の重量から求め最適浸漬条件を調査した。

(3) 製造温度

室温 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 、湿度 $70 \sim 80\%$ 、原料 $50 \text{ kg} / m^2$ 、水温 18°C 、散水量 $450 \ell / m^2$ 、1日4回、エチレンガス $1 \sim 2 \text{ PPM}$ を原料の浸漬後5日目より5日間施用し、10日間製造したときのもやしの形状を調査して、最適温度を把握した。なお以下の実験は室温を 25°C にし、実験項目の内容のみ変更して、他はこの方法に準じて行った。

(4) 湿度調整

自動調整器（50～95%）によった。

(5) 散水量と水温

1回の散水量を $300 \sim 600 \ell / m^2$ 、1日4回行った。散水温度については室温を $25, 28^\circ\text{C}$ にして、水温を $15 \sim 24^\circ\text{C}$ にて行い最適散水量および水温を把握した。

(6) エチレンガスの施用

濃度 $2.5 \sim 10 \text{ PPM}$ 、施用時期は原料の浸漬後 $4 \sim 7$ 日目より行った。施用期間は原料の浸漬後5日目より1～5日間行った。

省力施用は同様に原料の浸漬後5日目より1日1～24時間行い最適施用方法を把握した。

(7) 炭酸ガスの施用

炭酸ガスを $0 \sim 10\%$ 原料の浸漬後より9日間施用し効果を調べた。

あわせてエチレンガスとの混合についても行った。

(8) もやしの腐敗発生防止

病原菌の分離、同定を Bergeys Manual of Determinative Bacteriology 8th Ed¹⁾、および顕微鏡観察によって

行った。

防止法として微生物酵素イデンを用いて行い、分離した病原菌をイデン $0 \sim 200 \text{ PPM}$ 混入ポテトデキストロース寒天培地に接種し、 30°C にて増殖程度を調べた。さらにイデンを浸漬水に添加して製造実験を行った。

(9) もやしの鮮度保持

もやしを悪化させる細菌の分離、同定を上記の方法にて行った。滅菌方法として次亜塩素酸ナトリウムを $0 \sim 5000 \text{ PPM}$ 、洗浄剤（サニーセーフA）を $1 / 1000$ 使用した。

鮮度保持方法として乳酸、クエン酸を $0 \sim 0.5\%$ 用いて $10, 20^\circ\text{C}$ に冷蔵した場合の一般生菌数を常法によって測定し検討した。

II 実験結果と考察

1. 原料の洗浄、殺菌による微生物の消長

もやし製造は原料の浸漬後、催芽室で $8 \sim 9$ 日間生育させる。この間にもやしにさまざまな植物性病原菌が増殖して腐敗することがある。この原因は原料に混入している罹病植物や土壤に付着している病原菌によるものと思われる。これは籠や風力選別機の利用や水洗浄によって、除去することができると思われる。特に洗浄は効果が高いので洗浄と微生物数について調査した。同時に一般的に原料の浸漬時に高度サラシ粉を用いて殺菌するが、無洗浄および洗浄区それぞれ $1 \sim 2$ 回殺菌や塩素濃度による効果についても調査した。洗浄程度、殺菌回数および塩素濃度についての結果を表1～3に示した。

企業では原料を無洗浄で浸漬する所が多いが、表1が示すように無洗浄に比べ $1 \sim 2$ 回洗浄することによって、一般生菌数の99%以上除去することができ、もやし製造中発生する病気を大幅に減少できるものと思われ、もやし製造工程の1つとして慣例化する必要がある工程と思われた。

原料の処理方法、回数、塩素濃度については表2～3のように、無洗浄の1回殺菌は菌数が一番多く、2回目でちょうど洗浄区1回目に相当する程度であった。いずれも2回目の殺菌で菌数は約半数になり、洗浄して2回殺菌することは、菌数を少なくする上で効果的な方法であった。しかし、完全に無菌化することは困難なので、あとはもやし製造環境の衛生状態を良くすることしかなく、特に原料を浸漬するときのほこりが、もやしにかかるることは絶対に防止しなければならないことである。

表1 洗浄程度と微生物(タ当り)

	一般生菌数	大腸菌数	カビ
無洗浄	1.1×10^5	4×10^3	4×10
1回洗浄	5.7×10^2	—	1×10
2〃	3.4×10^2	—	—
3〃	2.4×10^2	—	—
4〃	6×10	—	—
5〃	2×10	—	—

表2 原料の処理方法と一般生菌数(タ当り)

	洗浄	無洗浄
浸漬時1回目殺菌	9×10^2	1.5×10^4
浸漬前2回目殺菌	4.2×10^2	8×10^2

注) 無洗浄、無殺菌区 7.5×10.5

高度サラシ粉を用い、塩素量として200PPM

洗浄は一回

表3 塩素量と一般生菌数(タ当り)

塩素量(PPM)	第一回殺菌	第二回殺菌
200	1.7×10^2	2×10
300	1.6×10^2	1×10
400	1.4×10^2	1×10

注) 3回洗浄

表4 原料の塩素殺菌効果

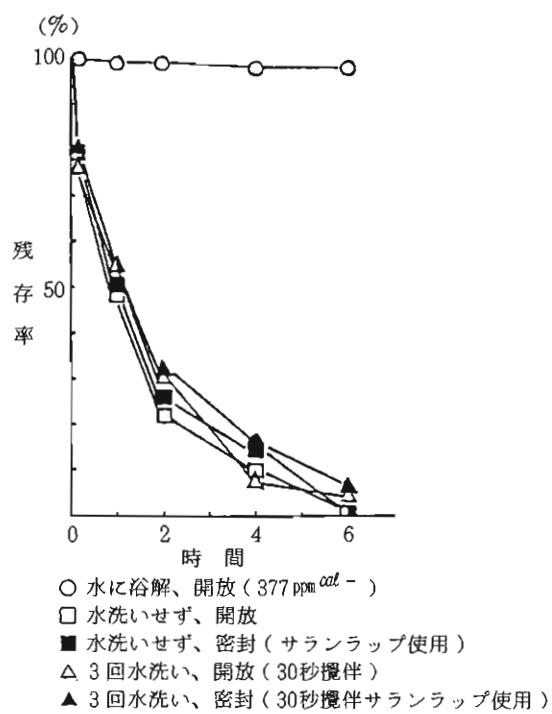
時間	塩素*	0	100	200	300(ppm)
0.0	+	+			
0.5	+	+	+	—	
1.0	+	—	—	—	
2.0	+	—	—	—	
4.0	+	—	—	—	

注) +増殖

*高度サラシ粉

—増殖せず

高度サラシ粉による浸漬時の殺菌は一般的に行なわれているが、殺菌に必要な塩素濃度は適確に把握されていないようである。塩素による殺菌効果を表4に、浸漬時の塩素の消長を図1に示したが、殺菌に必要な塩素濃度浸漬時間は100~200PPM、30分間の浸漬では殺菌効果



水400ml、原料125g、高度サラシ粉0.25g、25°C暗室

図1 残存塩素量

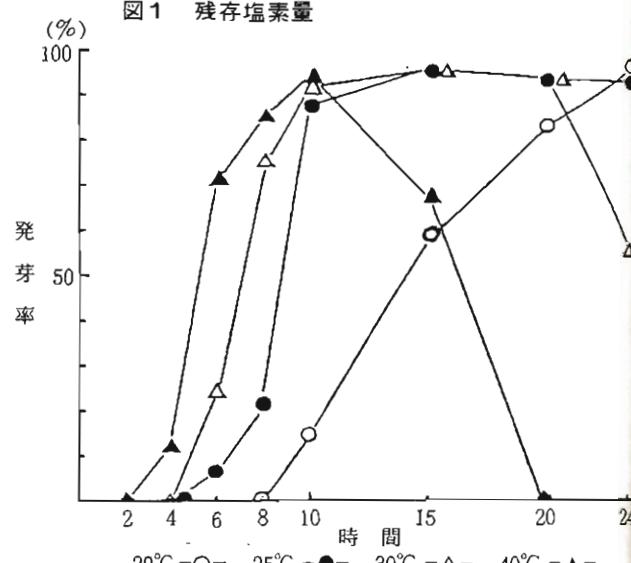


図2 発芽率と浸漬温度、時間の関係(at, 30°C)

がなく、1時間以上の浸漬が必要であった。実際面では浸漬を1時間以上行うので、200PPM以上あれば十分効果は期待されると思われた。浸漬時の塩素の消長は原料を浸漬するといずれも早期に減少した。

これは浸漬によって原料から溶出した、各種成分の酸

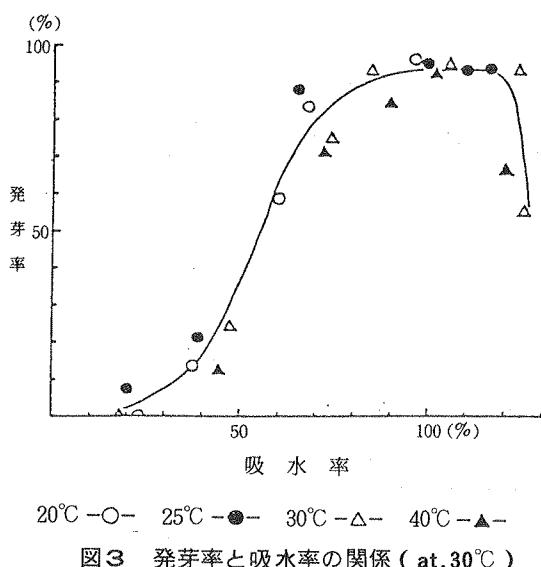


図3 発芽率と吸水率の関係 (at, 30°C)

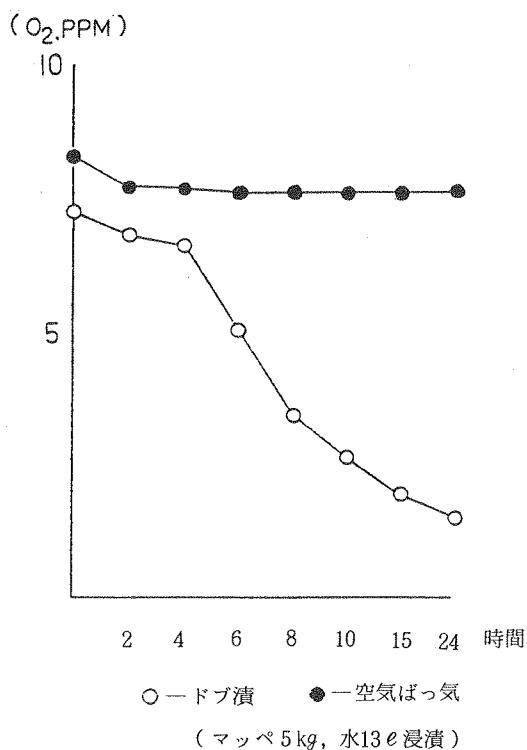


図4 25°C 浸漬における溶存酸素量

化によって、塩素が消失したものと推察された。

2. 原料の浸漬

一般的な浸漬方法は浸漬水40~60°C, 4~8時間行っているが、温湯製造エネルギー軽減のため、20~40°Cの温水に2~24時間浸漬した時の発芽率と浸漬時間を図2に、発芽率と吸水率の関係を図3に示した。

20°Cでは他者と比べ同程度の発芽率を得るには、20~24時間の浸漬を必要としたので時間的に長く、また、40°Cでは短時間の浸漬で発芽率は高くなるが、10時間以上の浸漬ではかえって発芽率が低下し、あわせて温湯製造エネルギーも多く必要とするので、両者とも実際面では問題がある。25, および30°Cでは発芽率は30°Cが高いが、発芽率の持続性が20時間後から低下し、25°Cに比べエネルギーを多く必要とするので、企業の実施している方法よりも時間的に長くなるが、エネルギー、発芽率および発芽勢などから、原料の浸漬は25°Cの温湯に10~15時間行うのが、最良の方法であると思われた。しかもこの方法は作業工程の見直しで十分対応が可能である。

発芽率と吸水率の関係は、発芽率に比例して吸水率も高くなり、発芽率の最も高い吸水率はちょうど100%であった。

これ以上の吸水は30, 40°Cに見られたように発芽率は低下する傾向を示した。

従って先に述べた25°C, 10~15時間浸漬で吸水率を100%近くにするのが、普及性の高い低温度浸漬法といえる。しかし、原料の洗浄後に塩素200PPMを1~2回添加して、25°C, 10~15時間浸漬する方法は、経済的にも微生物的に見ても良い方法であるが、注意すべき点は長時間浸漬なので、図4のように酸欠状態になるので発芽率が低下するおそれがあり、コンプレッサーによる空気のばっ気を行い、酸素の供給をはかる必要があると思われた。

3. 製造温度

催芽室の温度は一般的に28~40°C程度である。高温になると従って暖房費を多く必要とし好ましくない。しかし、一定の指標がないのが現状である。

催芽室の温度を20~30°C, 湿度を70~80%で製造したときのもやしの形状を図5に示した。20°Cでは調査項目すべてにおいて最低の値を示し生育不良であった。しかも胚乳の部分が固く食用として問題がある状態であった。次に23°C区も同様な傾向を示した。

25, 27°C区は30°C区よりも順調に生育したと思われた。従って一般的には28~40°Cでさい芽させている所が多いが、図5のように25, 27°Cでも良好に生育するので、低コスト、省エネルギーの点から、25°C製造でも十分商品価値

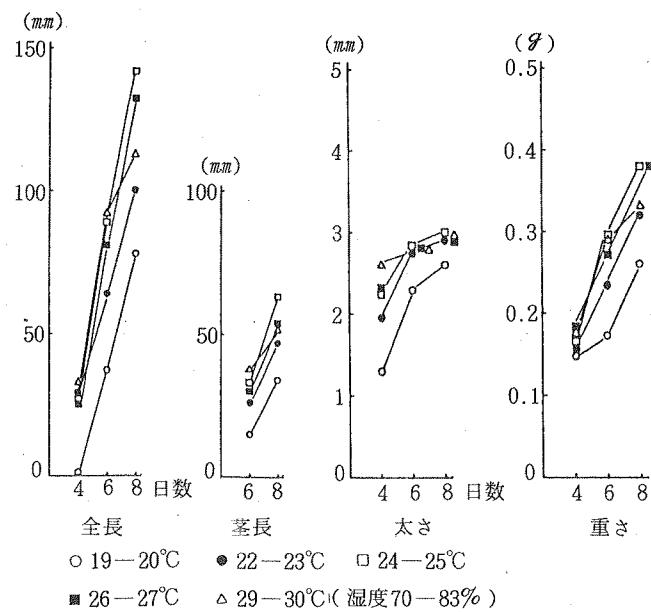


図5 製造温度差による全長、茎長、太さ、重さの関係

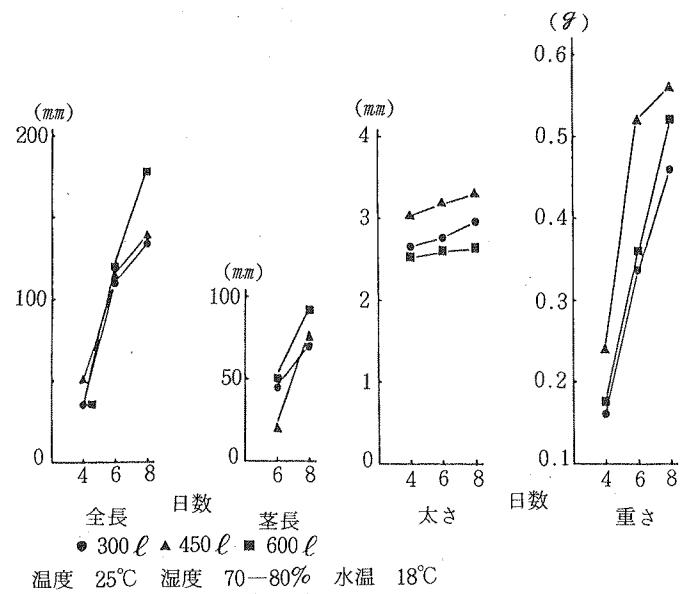


図6 水量差による全長、茎長、太さ、重さの関係

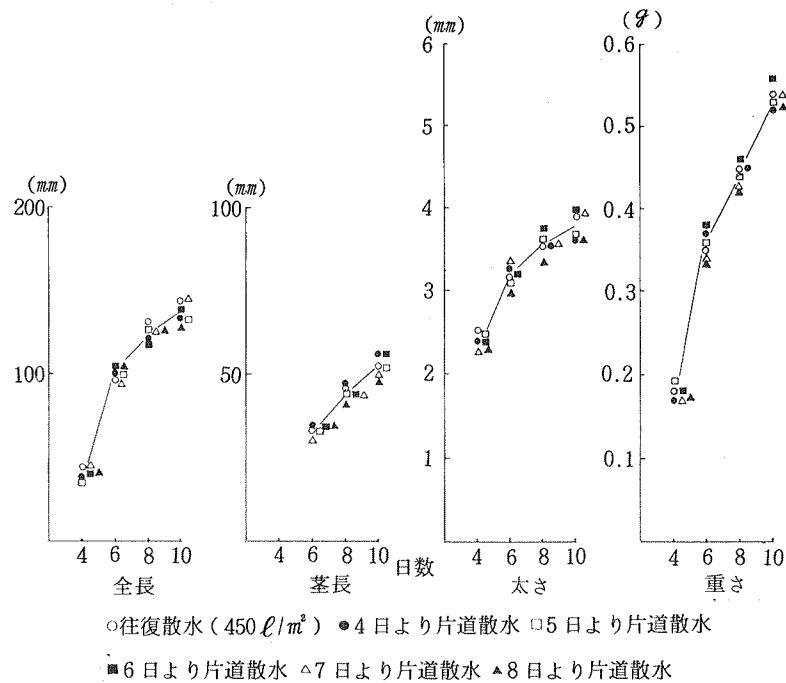


図7 節水によるもやし製造

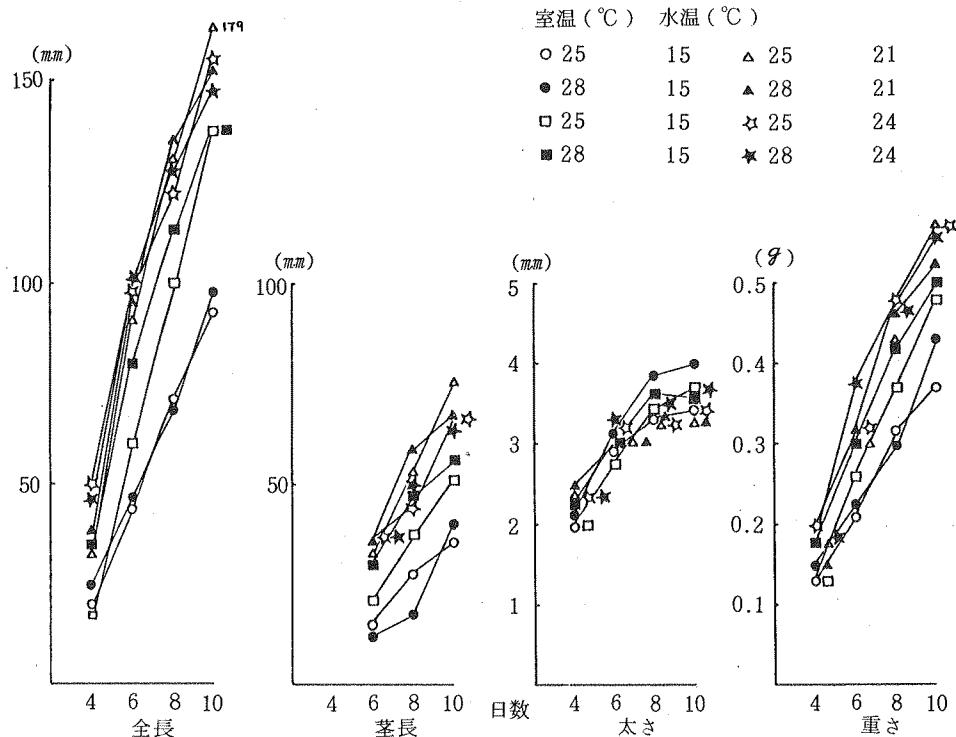


図8 室温25,28°C, 水温15,18,21,24°Cにおけるもやしの生育状況

のあるもやしができると思われた。

4. 散水量と水温

一般的な散水量は製造床1 m^2 当り、原料50kgを床上に置き、1回600 l/m^2 、1日4回散水している。原料50kgを25°Cの温湯で15時間浸漬した後に1 m^2 の床上に広げ、1回300~600 l/m^2 、1日4回散水したときのもやしの形状を図6に示した。

この方法はエチレンガスを施用していないので、もやは西日本タイプの細もやしの形状にているが、それでも水量の多い600 l/m^2 区は長過ぎる傾向を示した。それに比べ300~450 l/m^2 区は長さ、太さ、重さ、節水型生産工程の確立の見地から良好な散水量と思われた。また、図7は散水機を浸漬4~8日後に片道散水した場合のもやしの形状を示したものだが、もやしの品温は製造5~6日後に低下するので、この時期よりさらに散水量を減らすことができると思われた。

散水時の水温はもやしの形状に大きく影響を及ぼすと思われる。水温15~24°Cにして散水した場合のもやしの形状を図8に、そのときのもやしの品温の変化を表5に示した。

もやしの形状は室温より水温に左右され、全長、茎長とも水温が高いほど長くなるが、もやしの茎長は50mm程度がもっとも商品価値が高いことから、15°Cでは短かく、18°Cが最適の長さを示した。21, 24°Cでは長過ぎる傾向を示した。太さは3~4mmの間で大差はなかった。重さは茎長と同じで15°Cは軽く、18°Cが適量であった。21, 24°Cでは重過ぎる傾向を示した。

5. エチレンガスの施用

もやは東日本では太く、西日本では細長いものが好まれるようである。そのため東日本では石油ストーブを不完全燃焼させ、エチレンガスを発生させたり、純品のエチレンガスを施用している。エチレンガス2.5~10PPMを施用したときのもやしの形状を図9に示した。エチレンガス無施用に比べ施用区は全長、茎長ともエチレンガス濃度が高くなるに従って短かくなる傾向を示した。

太さは施用によって太くなつたが濃度差は見受けられなかった。このことはエチレンガス2.5PPM以上の施用では多過ぎることを示し、1~2PPMの施用で十分であると思われた。これ以上多いと茎太、茎長不足、薬害を招くようになる。また、施用方法は原料の浸漬後から行うと同様に茎長不足を招き好ましくない。商品価値のあるもやはとしては、茎長50mm、太さ3~4mm以上のものが望まれるので、施用時期はらずしたほうが良いと思われた。原料の浸漬後から4~7日目に、エチレンガスを1~2PPM施用したときのもやしの形状を図10に示した。

原料の浸漬後4~5日目より施用したものは全長、茎長、太さとも商品価値の高い形状を示した。6~7日目より施用したものは、全体的にやや長過ぎ、茎長は良好と思われたが、太さ不足の傾向を示した。重さは4~7日目施用とも大差はなかった。しかし、現在の製造方法は同一の催芽室内で、浸漬や生育状況の異なるもやしを造っているので、原料が浸漬中や生育初期に多量のエチレンガスを発生することや、別に連続施用しているエチレンガスに最初からもやしが接触してしまうことによって肉眼的に太くて短か過ぎるもやしになり、商品性から見

表5 散水温度ともやしの品温変化

日数	水温	室温25°C, 湿度70~80%				室温28°C, 湿度70~80%			
		15 °C	18 °C	21 °C	24 °C	15 °C	18 °C	21 °C	24 °C
2	15~24 °C	18~26 °C	21~30 °C	25~35 °C	15~26 °C	18~28 °C	21~32 °C	24~38 °C	
3	15~24	18~27	21~34	26~38	15~24	19~29	21~34	25~38	
4	15~23	18~28	24~34	27~37	15~23	20~30	24~34	25~37	
5	16~22	19~28	24~30	27~34	15~23	20~29	24~33	26~36	
6	16~22	19~26	24~30	26~30	15~21	20~27	24~29	26~32	
7	16~21	19~25	24~27	26~29	15~21	19~24	24~29	25~28	
8	16~21	19~23	22~25	25~28	15~21	19~23	23~25	25~28	
9	16~21	19~21	22~25	25~28	15~20	19~22	22~24	25~27	
平均	15~22	19~25	23~29	26~32	15~22	19~27	23~30	25~33	

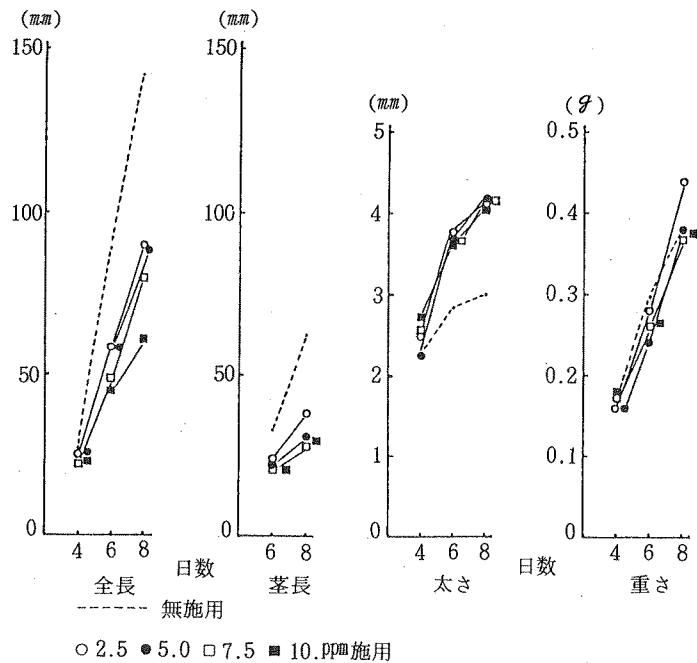


図9 エチレンガス施用による全長；茎長，太さ，重さの関係

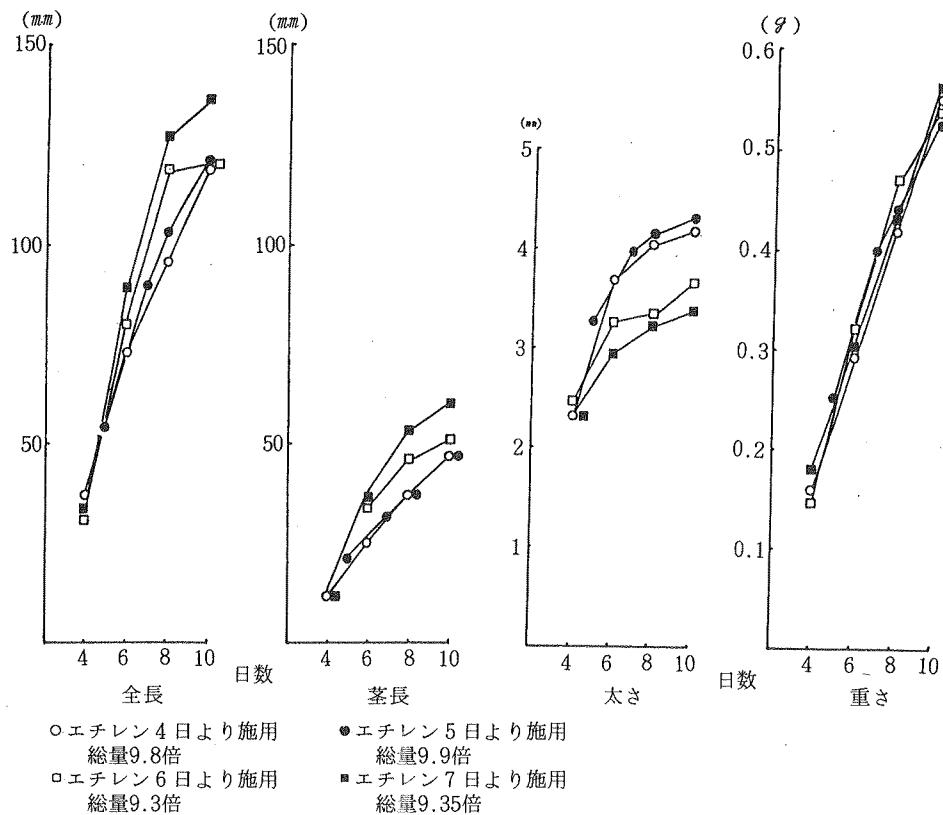


図10 エチレンの施用方法

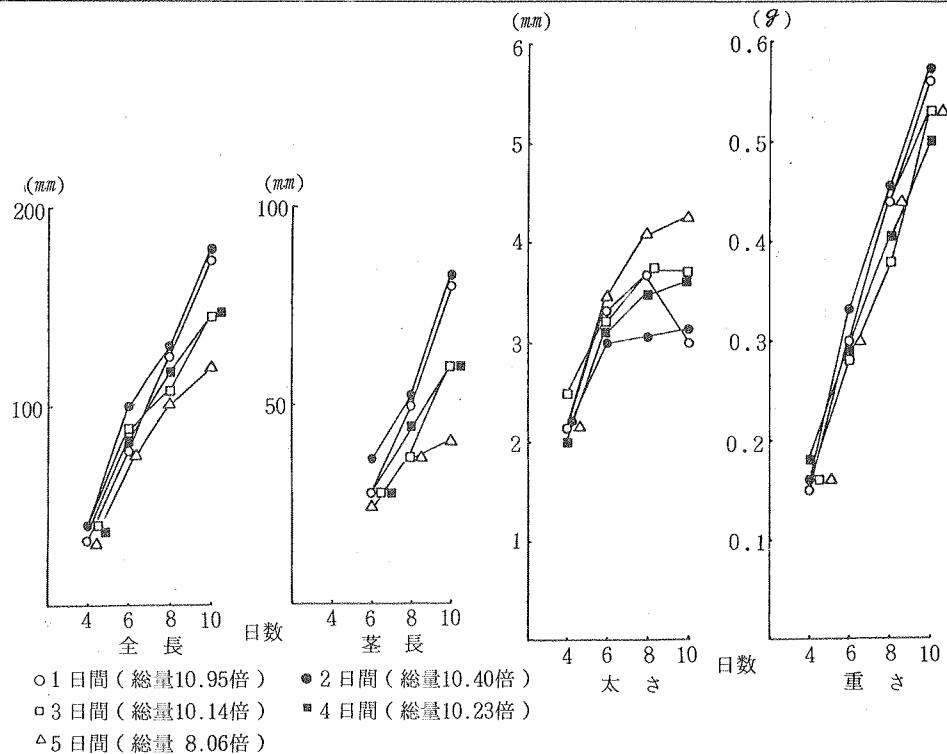
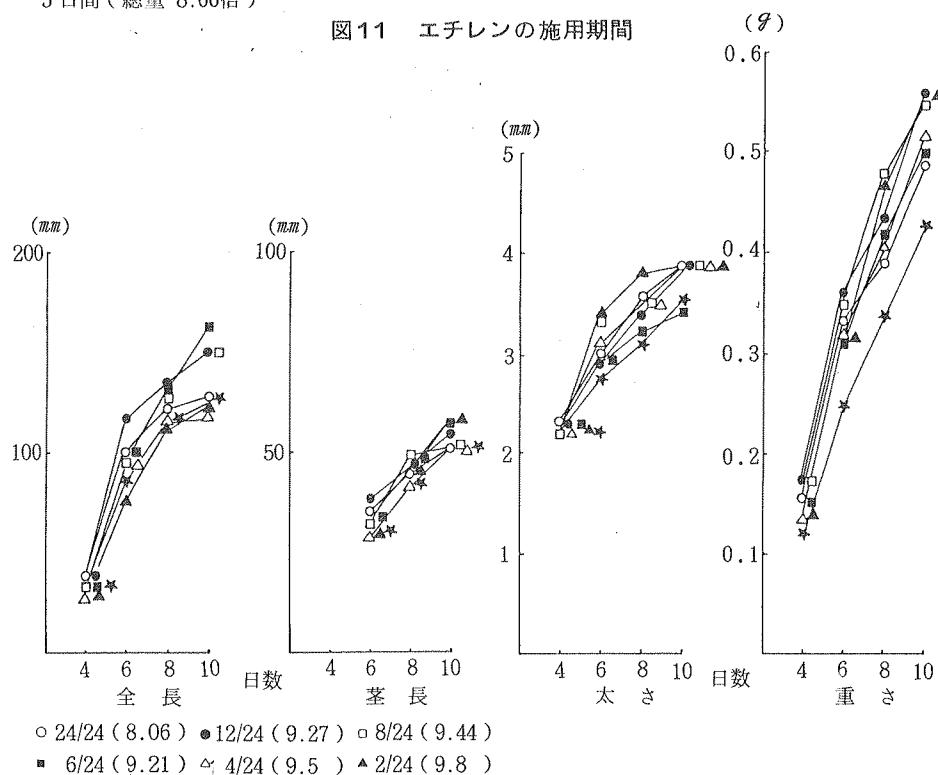


図11 エチレンの施用期間



注 1日の施用時間

() 内 倍率

図12 エチレンの省力施用

て問題になると思われた。今後は催芽室の空気が相互に流通しないように施設の改善をはかり、長さ、太さ、重さをコントロールできるようにすべきである。

エチレンガスの施用は原料の浸漬後5日目より1～2PPM施用すると良好な結果をもたらすが、その期間は明らかでない。原料を浸漬後5日目よりエチレンガス1～2PPMを、1～5日間施用したときのもやしの形状を図11に示した。1～2日間の施用では、全長、茎長とも長過ぎ茎は細いので商品価値から見て問題があると思われた。3～4日間の施用では、全長、茎長とも良好であると思われた。太さはやや不足ぎみであったが、商品性は十分あると思われた。5日間施用したものは、全長、茎長、太さとも良好であった。

収量の点については、エチレンガス施用期間の短かいほど多く、エチレンガス3～4日間施用ではもやしの形状は5日間施用と比べ商品性にあまり差がなく、収量的に多いので効果的な施用方法であると思われた。しかし、問題点としての茎の形状を見た場合、エチレンガスの施用を止めた時期より茎が細くなるので、茎の下部が太く、中部より上部がやや細くなる傾向を示した。従って出荷まで施用するのが無難であると思われる。

エチレンガスの施用は原料の浸漬後5日目より3～5日間施用すれば、商品性の高いもやしを造ることができ。さらにエチレンガスの省力施用をはかる上で、エチレンガスを1日何時間施用すれば良いか検討した。

方法として原料の浸漬後5日目よりエチレンガス1～2PPMを5日間、1日1～24時間施用した結果を図12に示した。

もやしの形状を見るとエチレンガス1日1～24時間施用では大差なく、エチレンガスの省力施用から見ると1日1時間の施用で十分であると思われた。これは植物に対するエチレンガス作用として、ホルモン剤的な働きをするので、施用効果を発揮するのは、ごく微量で短時間のエチレンガスの接触で十分であり、その持続性はかなり長いものと思われた。

6. 炭酸およびエチレンガス混合施用

もやしを太くする上でエチレンガスの他に、炭酸ガスの施用も効果があると言われているのでその有無を検討した。方法は原料の浸漬後から、炭酸ガス抑制区より10%施用したときのもやしの形状を図13に示した。

炭酸ガス濃度が高いほど、全長、茎長は短くなる傾向を示したが、エチレンガス施用に比べ約2倍ほど長かった。太さについては、もやしの生長にともなって細く

なり、エチレンガス施用に比べ約半分であった。しかし収量についてはエチレンガス施用が、原料の8～9倍の量に比べ10倍であった。また、もやしの形状は細長く西日本タイプのようであった。東日本では太くて長いもやしが要求されることから、商品性の低いもやしと思われた。しかも、炭酸ガスはもやしの製造中にもやしの呼吸作用の結果、催芽室の炭酸ガス濃度が5%前後あり、新たにもやしを太くする目的で施用する必要はなく、また、高濃度の炭酸ガスの施用は、酸素不足を招き、作業環境としても危険であると思われた。

あわせて炭酸、エチレンガスの混合施用についても検討した。方法は炭酸ガスは原料の浸漬終了時から、エチレンガスは原料の浸漬後5日目より5日間施用し、そのときのもやしの形状を図14に示した。

エチレンガスのみ施用したものに比べ、炭酸ガス2.5～10%，エチレンガス1～2PPM混合施用したものでは、全長、茎長が少し短かい程度で、太さ、重さについては大差なく、炭酸、エチレンガス混合施用の相乗効果はないものと思われた。従って企業で見られる混合施用は、炭酸ガスがエチレンガスの拡散を良くしたり、濃度を低下させ引火性を下げたり、濃度障害の発生を防ぐ意味に役立っているものと思われた。

7. 腐敗および発生防止

もやし製造においてさまざまな植物性病原菌が増殖してももやしを腐敗させる。腐敗の発生は経済的損失と合わせて、ゴミ処理問題を同時に発生させ、都市内にある企業ほど対策に苦慮している状況である。

もやしを腐敗させる主な細菌は軟腐病(*Erwinia carotovora*)、茎腐細菌病(*Pseudomonas fluorescens* Biotype II)であった。カビでは炭腐病(*Macrophomina phaseoli*)、根腐病(*Fusarium solani*)、苗立枯病(*Rhizoctonia solani*)、炭疽病(*Colletotrichum sp.*)などであった。

中でも軟腐病、炭腐病はもやし業者にとって最も恐い病気で、これが発生した場合腐敗現象が長く続き、腐敗もやしと健全なもやしとの選別に多くの労力を必要とする。また、もやは家庭用、業務用に包装されるが、この中に腐敗したもやしが混入すると、商品価値を低下させ好ましくない。

これらの増殖防止法として細菌に対しては、現在では食品衛生法上塩素剤しか使用できず、浸漬時の塩素濃度を200PPM以上添加しないと効果が期待できないと思われた。

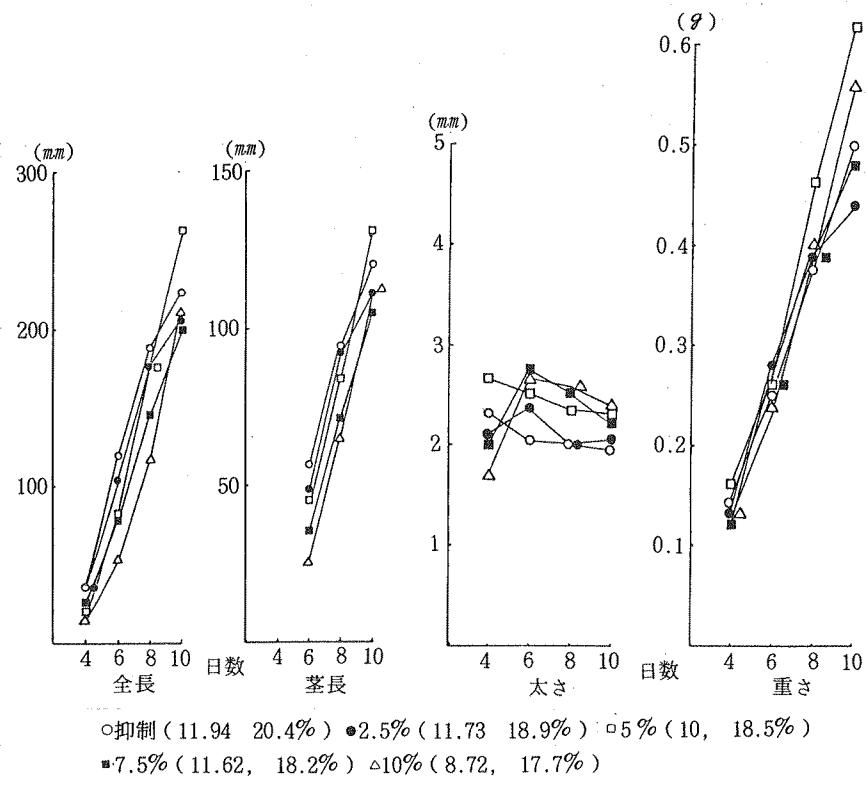


図13 炭酸ガス施用

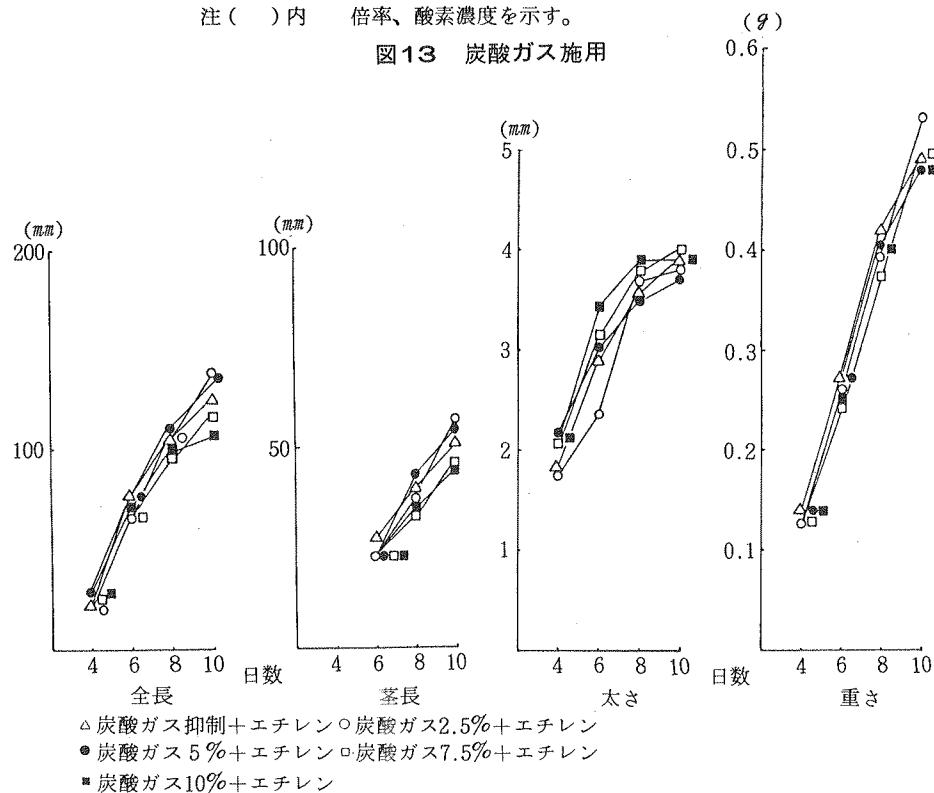


図14 エチレン、炭酸ガス混合施用

しかも軟腐菌は伝染経路が不明で対策の立てようがない現状である。強いて伝染経路を想定するならば、輸入された原料の中に混入している土塊が若干水分を含んでいて、軟腐菌が生きたまま輸出国より持ち込まれるものと考えられる。そして、原料を無洗浄のまま浸漬したり、殺菌が不十分で生きのびた軟腐菌が、もやしの生長と共に増殖し発病するものと考えられた。従って、原料の洗浄や殺菌は塩素剤を用いて、完全に行うべきであると同時に、軟腐菌が工場内を浮遊しているので空気の殺菌、また、散水タンク内にも侵入しているので、紫外線照射による殺菌あるいは塩素剤の添加によって殺菌する必要がある。

その他にもやし製造容器、床、壁、天井の殺菌に使用許可されている殺菌消毒剤バントシルIBの500～2000倍液を噴霧して、施設や工場内を殺菌消毒する必要がある。

カビである *M. phaseoli*, *F. solani*, *R. solani*, *C. sp* は原料に由来し、ブラック・マッペの表皮内に侵入しているので、洗浄や表面の殺菌を行っても効果なく、もやし製造中に発病し、病徵として褐色ないし黒色にもやしを腐敗させる。この病気発生防止には表6に示したように、微生物酵素イデンを *M. phaseoli* には 1/500 *C. sp.* には 1/40 その他のカビには 1/2000 添加すれば効果があり、そして、イデンは 2 種類の酵素を混合したもので、化学的合成品ではないので、食品衛生法上使用制限もなく、安全性の高いもやし製造ができると思われた。従って、病気発生防止のために原料の浸漬時に高度サラシ粉およびイデンを併用添加することが必要であると思われた。以上の結果にもとづいて、炭腐病発生防止実験を浸漬水 130 ℥, イデン 260 ml (1/500), 高度サラシ粉 50 g, 原料 50 kg, 25°C, 15 時間浸漬、水温 18°C, 散水量 1 回 450 ℥ / m³, 1 日 4 回、エチレンガス 1～2 PPM を原料の浸漬後 5 日目より 5 日間施用、製造日数 10 日間で行ったが発生は見られなかった。

その他に東京、大阪、仙台で企業レベルの実験をイデンを用いて行い同様な効果が認められた。それに比べイデンを使用しない場合は発生が見られた。あわせてイデンの残存率を調査したが、いずれもイデンは検出されず、安全性の高い防黴剤であると思われた。

8. 鮮度保持

もやしを水のみで洗浄した場合、一般生菌数は、もし 1 g 当り 10^7 いる。これは生鮮野菜の 10^6 に比べ多いと言える。もやしの菌数が多いのは、製造方法が高温多湿

表6 微生物酵素イデンによるカビ生育防止
(コロニーの直径mm)

炭腐病 (*Macrophomina phaseoli*) に対する効果

PPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	20	57	x									
25	2	10	11	12	12	13	14	16	19	23	26	32
50	-	4	5	6	6	6	7	7	7	7	7	8
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

根腐病 (*Fusarium solani*) に対する効果

PPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	14	27	44	100	170	225	x					
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

苗立枯病 (*Rhizoctonia solani*) に対する効果

PPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1	7	12	16	19	23	27	34	36	42	47	52
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

炭疽病 (*Colletotrichum sp*) に対する効果

PPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	8	15	21	29	32	37	42	48	52	55	63	70
500	1	2	5	7	11	14	16	18	21	24	27	31
1,000	-	-	-	1	1	2	4	7	9	11	14	16
1,250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,666	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

で微生物の増殖に環境が適しているからである。主な微生物は、*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Erwinia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Aeromonas* などであった。これらが増殖して日持ちがしなかったり、異臭を発生させる。又、衛生上菌数が多いので問題となっている。これを防ぐため一般的に次亜塩素酸ナトリウムを用いて洗浄殺菌を行うが、塩素量と一般菌数の関係を図15に示した。塩素 100 PPM ではもやし 1 g 当り菌数が 10^6 と多く 10^5 にするには、塩素 200 ~ 600 PPM 添加する必要がある。しかし、400 PPM 以上添加すると塩素臭がひどく 200 PPM が限度と思われる。

ので、塩素400～600PPM添加まで菌数を減らすには図16に示したように、塩素200PPM溶液に氷酢酸0.05%，あるいは洗浄剤サニーセーブAを0.1%添加して洗浄する必要があると思われた。

この場合でも塩素臭がするので水洗浄の必要があった。このとき水だけで洗浄しないで、氷酢酸を0.05%添加すると微生物の増殖を防ぐ上で効果的であった。

さらに、菌数を減らすには図17に示したように、塩素濃度と氷酢酸を増やす必要があった。しかし、この添加量ではもやしが軟かくなる傾向を示すと同時に塩素臭も多いので、十分な水洗浄が必要であった。洗浄が十分でないともやしを使用した料理に塩素臭が残り好ましくない、又、もやしの消費量にも影響すると思われた。そこで塩素剤を使用しない洗浄方法として、臭いのない有機酸を用いて静菌漂白を行い、保存を10, 20℃にて行ったときのもやしの状況を表7～9に、このときの一般生菌数の変化を図18に示した。

有機酸として乳酸を用い10℃に保存したときのもやしの状況は、無添加の場合保存2日目に、茎、根がやや黒く感じられた。3日目にはやや異臭が発生し、PHも上昇したので乳酸無添加の保存日数は1日間であると思われた。0.25%添加は臭い、茎、根の色が4日間変化がなかった。しかし、3日目からPHが上昇し、保存日数は3～4日間が限度と思われた。0.5%添加は0.25%添加と同様の傾向を示した。両者とも5日目にやや異臭が発生し、茎、根の色が黒くなった。又、これを20℃に保存した場合、3

者とも1日目にやや異臭を発生し、PHも高く、この条件での保存では1日間がやっとと思われた。

一方、クエン酸添加10℃保存の場合、無添加は前述の乳酸無添加と同様であった。

0.25%添加は3日目に、茎、根の色がやや黒くなつた。

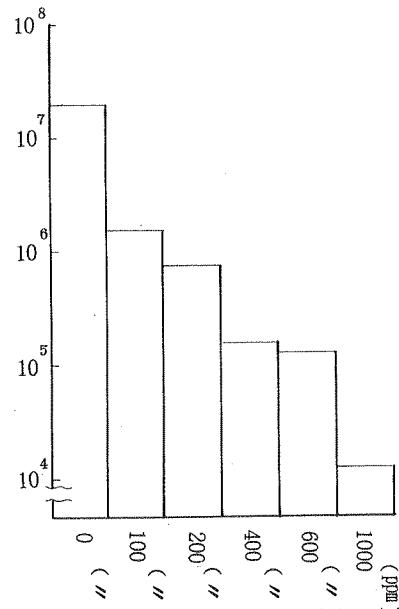


図15 塩素量と一般生菌数(1gあたり)
(もやしを5分間浸漬)

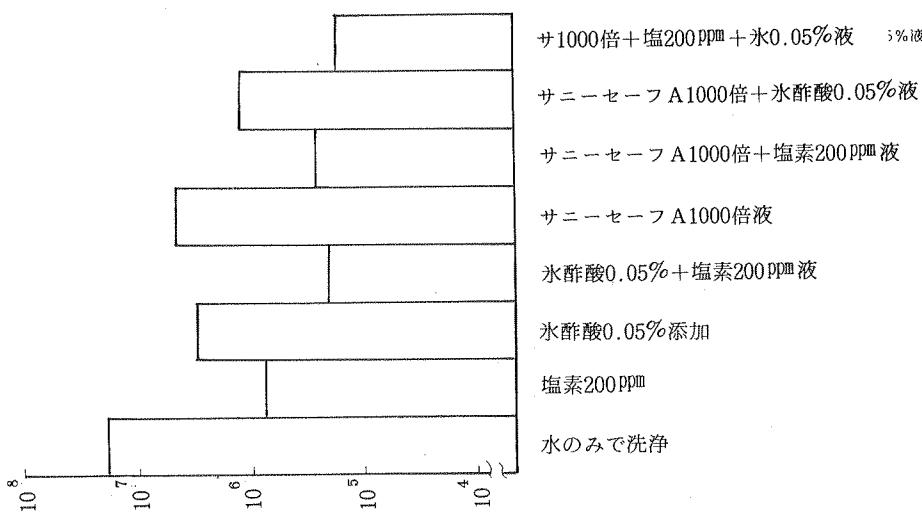


図16 もやしの洗浄方法と一般生菌数(1gあたり)
(もやしを5分間浸漬)

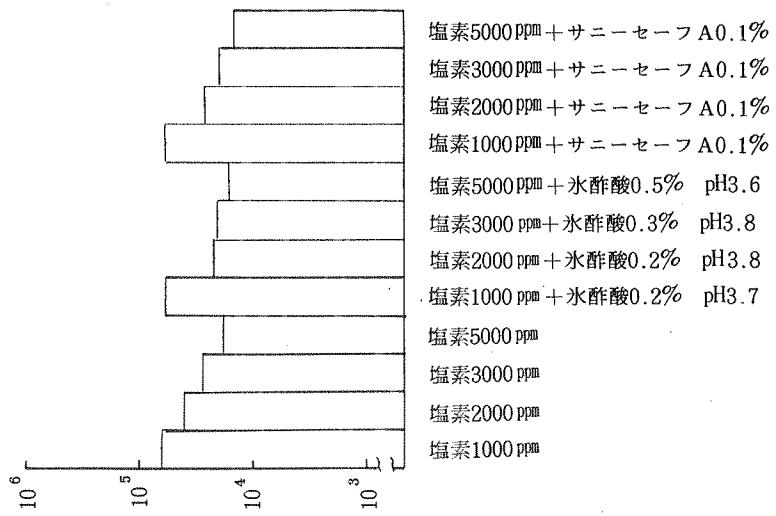


図17 もやしの洗浄方法と一般生菌数(1kgあたり)
(もやしを5分間浸漬)

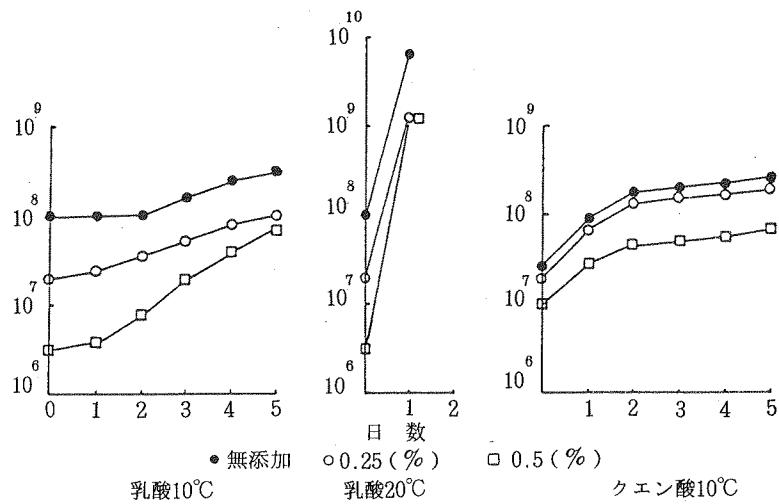


図18 もやしの鮮度保持

表7 乳酸, 10°C保存

状況 濃度(%)	臭い	茎の色	根の色	P H
1日 0	○	○	○	5.6
0.25	○	○	○	5.6
0.5	○	○	○	5.6

2日 0	○	○ △	○ △	5.6
0.25	○	○	○	5.6
0.5	○	○	○	5.6

3日 0	△	△	△	6
0.25	○	○	○	5.8
0.5	○	○	○	5.8

4日 0	△ ×	△ ×	△ ×	6.2
0.25	△	○	○	5.9
0.5	△	○	○	5.9

5日 0	×	×	×	6.4
0.25	△	△	△	6
0.5	△	△	△	6

注) ○もやし特有の臭いがして明るい

△やや異臭, やや黒い

×異臭, 黒い

表8 乳酸, 20°C保存

状況 濃度(%)	臭い	茎の色	根の色	P H
1日 0	×	△	△	6.5
0.25	△	○	○	6.1
0.5	△	○	○	6

2日 0	×	×	×	6.7
0.25	×	×	×	6.3
0.5	×	×	×	6.3

注) ○もやし特有の臭いがして明るい

△やや異臭, やや黒い

×異臭, 黒い

表9 クエン酸, 10°C保存

状況 濃度(%)	臭い	茎の色	根の色	P H
1日 0	○	○	○	5.6
0.25	○	○	○	5.6
0.5	○	○	○	5.6

2日 0	△	×	×	5.8
0.25	○	○	○	5.6
0.5	○	○	○	5.6

3日 0	△	△	△	6
0.25	○	△	△	5.8
0.5	○	○	△	5.8

注) ○もやし特有の臭いがして明るい

△やや異臭, やや黒い

×異臭, 黒い

0.5%添加では3日目に根の色が黒くなり, PHも上昇したのでクエン酸0.25~0.5%添加の保存日数は2日間であると思われた。乳酸に比べ1~2日間保存日数が短かかった。一般生菌数については、乳酸がクエン酸より静菌作用が強く、臭いもないで塩素剤に換え得ることができるものと思われた。菌数と保存日数の関係については、表7~9および図18などから一般生菌数が 5×10^7 をこえたときから、もやしに諸現象が表われると思われた。

このようにもやしは低温下においても、日持ちのしないものである。従って、生産者、販売業者、消費者はこのことを十分心にとめて取り扱うべきであると思われた。

特に生産者がもやしの流通を常温で行っている現状は早急に改善する必要があると思われた。また、市販のもやしは洗浄したときの水が付いているので、先に示したグラム陰性菌の増殖を許し、腐敗の進行や異臭を発生するので、脱水して乾燥したもやしを出荷し、日持ちの延長をはかるべきであると思われた。

その他、洗浄工程で折れたもやしが多量に生ずるが、もやしの味、形状の向上、使用水の削減をはかるため、バイプレーターの導入をはかり、原料の麦皮の除去、折れたもやしの発生を減少させなければならないと思われた。従って、現在採用しているプール洗浄方式は折れた

もやしを発生させる方法があるので早急に廃止すべきであると思われた。これらの機械はすでに開発されているので、企業の近代化になると思われた。

III 要 約

黒緑豆 (black, maepe, *phaseolus, mungo*. L. var. *radatus*. Bak) を用いた、もやし製造について研究を行い、次のような知見を得た。

- ① 原料の浸漬は発芽率、吸水率、時間、省エネルギー発芽勢の関係から、25℃の温水に10~15時間行うのが最良の方法であると思われた。
- ② 浸漬時における高度サラシ粉による殺菌は、塩素として200PPM以上で1時間行えば効果が期待される。
- ③ 浸漬温度25℃における塩素の残存率は、1時間後50%，2時間後20~30%，4時間後10~20%，6時間後10%以下であった。
- ④ 製造温度は催芽室を20~30℃にしたときのもやしの生育状況を調査したが、省エネルギーの点から25℃製造で十分商品価値のあるもやしを製造できた。
- ⑤ 散水量の適性化については、原料50kg/m³の場合、600ℓ/m³であるが、450~300ℓ/m³に節水できるものと思われた。さらに節水をはかる上で、もやし製造中に品温が6日目より下るので、この時期より片道散水でも十分であった。
- ⑥ 散水の最適水温はもやしの形状から18℃が適温であった。
- ⑦ もやしを太くする目的でエチレンガスを施用するが、最適ガス濃度と施用方法は濃度が1~2PPM、施用方法は原料の浸漬後5日目より施用するのが、太もやしを造る上で必要であった。
- ⑧ エチレンガスの省力施用法として、1日1時間の施用で十分であった。
- ⑨ 炭酸ガス (CO₂) の施用はもやしの胚軸を太くする効果はないと思われた。
- ⑩ もやし製造において、さまざまな植物性病原菌が増殖し、もやしを腐敗させる。その主な細菌は軟腐病 (*Erwinia carotovora*)、茎腐細菌病 (*Pseudomonas fluorescens Biotype II*)、カビでは炭腐病 (*Macropomina phaseoli*)、根腐病 (*Fusarium solani*)、苗立枯病 (*Rhizoctonia solani*)、炭疽病 (*Colletotrichum*

sp.)などである。これらの病気発生防止には、高度サラシ粉と微生物酵素イデンを浸漬時に添加することが必要であった。

⑪ もやしの一般生菌数は1g当り10⁷いる。そのために鮮度保持日数が非常に短かく対策に苦慮している。主な細菌は *Pseudomonas, Flavobacterium, Acinetobacter, Moraxella, Erwinia, Klebsiella, Enterobacter, Alcaligenes* などである。これらが増殖して日持ちを悪くしたり、異臭の発生源となっている。この防止法として一般的には、次亜塩素酸ナトリウムを用いて洗浄殺菌を行っている。このときの塩素量と一般生菌数の関係は、塩素100PPMでは生菌数10⁶、200~600PPMで10⁵、1000~5000PPMで10⁴であった。又、このとき有機酸や洗浄剤の併用も効果的であった。

⑫ もやしの洗浄殺菌は塩素剤を用いて行うが、この方法は最後に水洗いして塩素を取り除く必要がある。このときに使用する水の省力化の点から、塩素剤を用いない方法として、有機酸として、乳酸、クエン酸を0~0.5%水溶液にもやしを浸漬後、10および20℃に保存したが、乳酸水溶液が効果高く、10℃では4日間の保存性があり、有効な方法であると思われた。

IV 謝 辞

本研究を行うに当たり、貴重な助言やタイ国産原料の入手に御協力いただいた関東中央豆萌工業組合および萌原料輸入商社、又、もやし製造中発生する、さまざまな病気に対し、病原菌の分離、同定に際し種々の御教示をいただいた、当場栽培部病理昆虫担当、平野寿一主任研究員、同堀江博道博士、八丈支庁産業課農業試験地係、飯嶋勉博士に謝意を表わします。

V 引用文献

1. Bergy's Manual of Determinative Bacteriology 8-th Ed. Williams & Wilkins co. (1974)