

乾燥粉末乳酸菌のスターターの開発 (第1報)

— *L. plantarum* の乾燥化 —

吉川修司・浅野行蔵・富永一哉

Fluidized-bed Drying of Lactic Acid Bacteria for Food Starter (Part I)

— Drying of *Lactobacillus plantarum* —

Shuji YOSHIKAWA, Kozo ASANO and Kazuya TOMINAGA

Starter is useful for producing fermented foods due to its ability to enhance flavor and taste and reproduce products of consistently high quality. Although lactic-acid-bacteria-based starters are primarily used for the production of fermented dairy products like yogurt and cheese, potential exists for these starters to be a valuable ingredient in products such as soybean paste and in the development of new products. In this experiment, *Lactobacillus plantarum*, which was used for gelatinizing chum salmon surimi and minced scallops as mentioned in previous studies, was dried on a fluidized bed. Viability of lactic acid bacteria after dehydration was highest (96.8%) when skim milk was used as the starter core and a 30% sucrose solution was used as a protective reagent to prevent dehydration.

乳酸菌は pH を低下させる他に、マイルドな香りや味を形成したり、テクスチャーを変化させるなど、食品の熟成に寄与している。そのため様々な種類の乳酸菌が食品に利用されている。乳酸菌を食品加工に利用するのに、現状では原料に当初から付着していた乳酸菌や工場に棲み着いた蔵付き乳酸菌の自然増殖に依存している。そのため製造期間が一定しない、味わいの深い高品質の製品が期待通りにできないなどの問題があり、製造の安定化が要望されている。

発酵食品を工業的規模で安定生産するためには、スターター(種菌)を利用する技術が広く行われている。乳酸菌スターターは、ヨーグルトやチーズなど発酵乳製品の製造には欠かせない。しかし、道内の食品企業においては、乳酸菌をスターターとして添加する製造法は、ヨーグルトやチーズなど発酵乳製品だけで、他の食品では行われていない。

食品用乳酸菌スターターは凍結品あるいは凍結乾燥品が市販されている。凍結乾燥スターターの製造は、インシヤルコストおよびランニングコストが過大となり、割高となる。凍結品は乾燥菌体よりも保管スペースが多く必要である上に、凍結融解を繰り返すと活性が低下するなど問題点が多い。現在国内で供給されているもの

多くは凍結乾燥品である。

したがって、取扱いと管理が容易な低価格のスターターが望まれる。また、バリエーションを豊富にすることで乳製品以外の乳酸発酵食品への応用が見込まれ、品質の安定化に資する。さらに、従来の食品と異なる新規発酵食品の開発にも道が開かれる。以上のように乳酸菌を乾燥菌体として供給できれば、中小の食品企業においても容易に使用可能となり、地域食品工業の発展に寄与できる。

これらのニーズを満たす乾燥法として、我々は流動層乾燥法に着目した。流動層乾燥法は、流動層の中で粉体を温風で舞い上げながら乾燥する方法である。

液体である乳酸菌培養液の乾燥は、流動層中で粉体を温風で舞い上げながら、菌液を噴霧して粉体に絡めていく方法で可能である。吹き付けられた菌液は、粉体に付着すると同時に温風により水分を奪われる。菌液の水分が奪われる際の気化熱により品温の上昇が抑えられ、温風によるダメージが緩和される。この方法は、スプレードライヤーによる乾燥に比べ熱によるダメージが少なく、また凍結乾燥に比べコストが安いという利点がある。

流動層乾燥により粉体の表面は菌体で覆われることになる。この場合に用いる粉体を基材という。さらに菌体

を保護するために加えられる糖などの添加物を保護材という。対象とする乳酸菌について保護材、基材、乾燥条件などを検討し、活性の高い乳酸菌粉末スターターを得る条件を調べることが重要である。

当食品加工研究センターでは、乳酸菌を用いた新規発酵食品を開発すべく、道産水産物を利用した発酵食品の開発を行ってきた¹⁾。

本研究は、水産発酵食品のスターターとして用いた乳酸菌のひとつである *Lactobacillus plantarum* を流動層乾燥機を用いて乾燥粉末スターターを製造するために、基材の種類、保護材の濃度について検討した。

実験方法

1. 供使菌株および培養方法

試験には理化学研究所より購入した、*L. plantarum* JCM 1149^T を用いた。

乳酸菌の培養には以下の組成で培地を調製して用いた(以下、BST 培地)。菌懸濁液およびスターターの生菌数測定には BCP 培地(日水製薬)を用いた。

乳酸菌用培地 (BST 培地)

グルコース	5.0%
酵母エキス	1.0%
K ₂ HPO ₄	1.5%
硫酸アンモニウム	0.5%
5% ツイン 80 溶液	1.0%
無機塩類溶液	0.1%

pH 8.0

無機液類溶液

MgSO ₄ · 7 H ₂ O	20.0%
MnSO ₄ · 4~5 H ₂ O	1.0%
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	1.0%
NaCl	1.0%

2. 粉末乳酸菌スターターの製造方法

BST 培地 2.5 l に供試菌株である *L. plantarum* JCM 1149^T を接種し、2日間 30°C にてジャーファーメンターを用いて、毎分 250 回転にて攪拌しながら、通気せずに培養した。培養中は、培養液の pH を 14% アンモニア水を用いて 6.5 に保った。培養液から菌体を 8,000 rpm, 15 分間、遠心分離により OD₆₆₀ 約 7 前後の培養液を約 20 倍に濃縮して、菌体濃縮液を調製した。

流動層乾燥を行うに当たり、基材はスキムミルク(雪印乳業)、コーングリッツ MS(大洋飼料、以後、コーングリッツ)、小麦粉(日清製粉)と上新粉(新潟食品工業)を用いた。なお、コーングリッツは水分を 3% まで乾燥させたものを用いた。小麦粉や上新粉は粒子径が小さ過ぎ、スキムミルクやコーングリッツと同一の乾燥条件では、流動層乾燥機上部のバグフィルター(粉体の流出を防ぐために排気口付近に着ける布製の袋状のフィルター)にトラップされる恐れがあった。そこで小麦粉については、乾燥条件の変更を行うのとは別に、粒径を大きくした基材も調製した(以後、小麦粉と区別するため小麦粉粒と呼ぶ)。具体的な小麦粉の製造方法は、小麦粉(日清製粉薄力粉)をパスタマシンに投入後、30%加水してパスタ状に整形した。ついでパスタを細断して流動層乾燥機(不二パウダル、写真ならびに図面は Fig.1 参照)で乾燥と調製した。

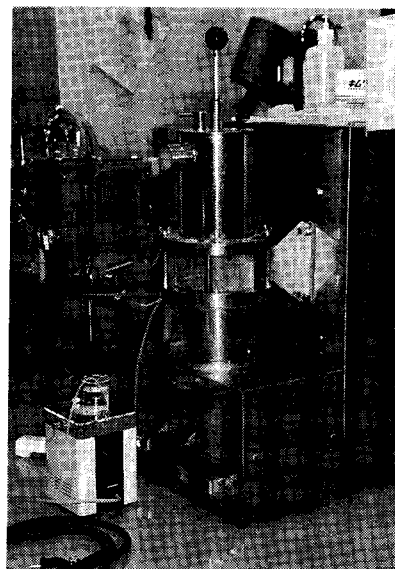
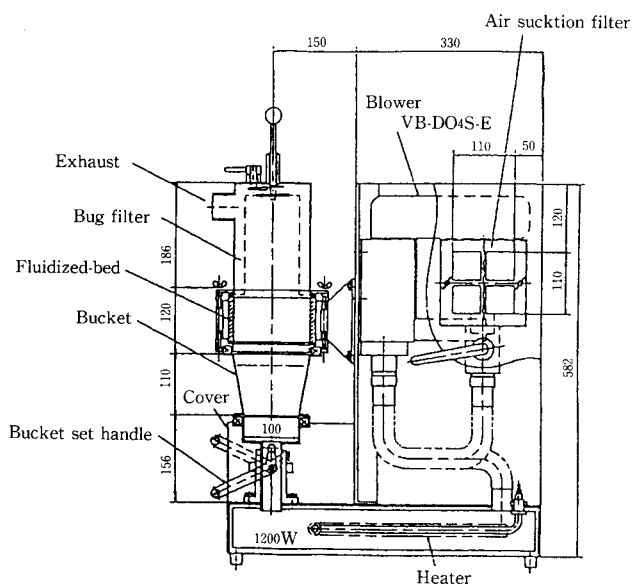


Fig.1 Fluidized-bed dryer

流動層乾燥の条件は以下の通りである。

- 温風温度 50°C
- 温風風速 14.0~14.5 m/sec
- 菌懸濁液流量 4 ml/min
- 圧搾空気送風圧力 2.5 kgf/cm²
- 基材投入量 200 g
- 菌懸濁液投入量 20 ml
- 菌懸濁液 20%シュークロース溶液と菌濃縮液を
10 ml ずつ混合した

小麦粉、上新粉を基材とした場合は、バグフィルターへのトラップを防ぐため温風の風速を弱めた(11~12 m/sec)。

保護剤濃度の生残率への影響を調べる実験では、基材はスキムミルクを用いた。保護剤はシュークロースを用い、濃度を0~30%まで変化させ、乾燥前後の生菌数から生残率を求めた。

3. テストプラントを用いた流動層乾燥

実験用の小型流動層乾燥機と比べ25倍量の粉体を処理できるテストプラント(大川原製作所)を用いて、スターターの試作を行った。乳酸菌の培養、菌懸濁液およびスターターの生菌数測定は小型流動層乾燥機を用いた場合と同様とした。

流動層乾燥の具体的な条件は以下の通りである。

- 流動層乾燥の条件
- 乾燥温度 50°C
- 菌懸濁液流量 22 ml/min
- 基材 スキムミルク(造粒していないもの)
- 基材投入量 5,000 g
- 菌懸濁液投入量 500 ml
- 菌懸濁液 24%シュークロース溶液、菌濃縮液を
250 ml ずつ混合した

4. 生残率の計算

生残率は以下の数式にて計算した。

$$\text{生残率 (\%)} = \frac{\text{スターターの生菌数} \times 22}{\text{菌濃縮液の生菌数}} \times 100$$

※基材200 gにスプレーする菌懸濁液の量が20 mlで、菌懸濁液は菌濃縮液と保護材溶液を10 ml ずつ混合して調製する。よって、菌濃縮液は22倍に希釈され、係数22はこの希釈倍数に由来する。

ただし、テストプラントを使用した場合の生残率は以下の数式にて計算した。

$$\text{生残率 (\%)} = \frac{\text{スターターの生菌数} \times 11}{\text{菌懸濁液の生菌数}} \times 100$$

※基材5,000 gにスプレーする菌懸濁液の量が500 ml

である。よって、菌濃縮液は11倍に希釈され、係数11はこの希釈倍数に由来する。

ことによる。

5. スターターの水分含量の測定

秤量瓶にスターターを1~2 g入れ、105°Cで約1日放置後、放冷して乾燥前後の重量変化から水分量を算出した。

結果および考察

1. 乳酸菌生残率の基材の種類による影響

乾燥中の流動層乾燥機の排気温度を調べることで、菌液の水分が奪われている状態を把握できる。コーングリッツおよびスキムミルクを基材とした場合の供給温風温度と排気温度の温度差(以下温風温度差)ならびに菌懸濁液の送液量の関係をFig.2に示した。両基材での温風温度差の推移はコーングリッツを基材とした場合は9°C前後、スキムミルクを基材とした場合は8~9°Cでほぼ一定であった。しかし、菌懸濁液の送液が終了すると同時に温風温度差が急激に低下した。この現象から菌懸濁液を基材に噴霧している段階で、既にスターターの乾燥が進んでいると考えられた。

小麦粉粒を基材とした場合の生残率は、8.2%でコーングリッツと大差はなかった(Fig.3)。スキムミルクを基材とした場合は35.0%、コーングリッツの場合は5.9%、上新粉を基材とした場合は14.2%、小麦粉の場合は13.7%であった。以上より、流動層乾燥において基材が乳酸菌の生残率を左右する大きなファクターであると考えられた。基材の中ではスキムミルクが最も生残率が高く、*L. plantarum*を乾燥する際の基材として最も優れていた。

2. 乳酸菌生残率の保護材濃度による影響

生残率はシュークロース濃度を増加しても、10%濃度までは保護材無添加の場合と差がなく、生残率14~18%とほぼ一定であった(Fig.4)。スキムミルクは基材として適しており、乾燥時のダメージを少なくしていることが改めて推察された。シュークロース濃度を20%にすると生残率は33%であり、濃度10%以下の約2倍に高まる。さらに濃度を30%とすると、生残率は96.8%まで向上した。流動層乾燥において保護剤の濃度が乳酸菌の生残率を左右する大きなファクターであった。乾燥粉末の水分含量は、4~7%の間にあり、保護材濃度の差による生残率の変化に影響を与えていないと考えられた。

3. テストプラントを用いた流動層乾燥

菌懸濁液、スターターの生菌数および流動層乾燥によ

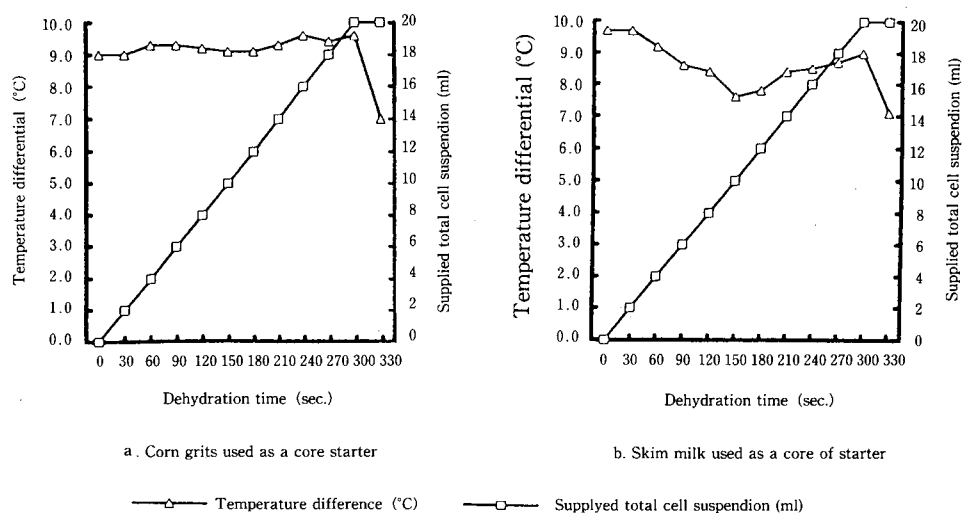


Fig.2 Temperature differential during fluidized-bed drying of *L. plantarum* JCM 1149^T
 Temperature of supplied hot air decreases during drying.
 The temperature differential was calculated by subtracting the temperature of the exhaust from that of the supplied air.

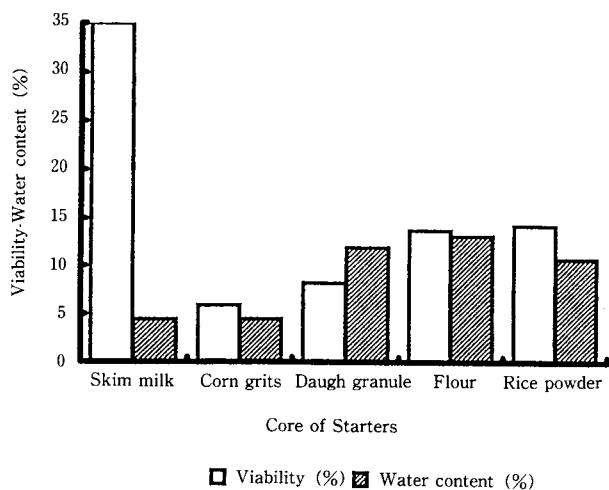


Fig.3 Viability and water content of *L. plantarum* JCM 1149^T after the fluidized-bed drying with various starter cores

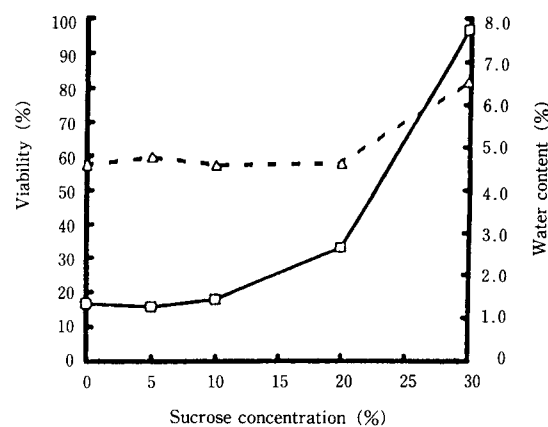


Fig.4 Viability of *L. plantarum* JCM 1149^T and the water content of starters after dehydration and treatment with various concentrations of sucrose

る乳酸菌の生残率はそれぞれ以下の数値となった。

菌懸濁液 6.85×10^9 CFU/ml

スターターの生菌数 6.80×10^8 CFU/g

乳酸菌の生残率 約 100%

乳酸菌は流動層に投入した菌が完全に生き残っており、このスターターを用いて水産発酵食品を試作することにも成功した¹⁾。なお 4°C でスターターを約 1 年保管した後に水産発酵食品を試作しても十分なゲル形成が認められ (テータ略), *L. plantarum* 乾燥菌体の実用化の目的がたつた。

要 旨

水産発酵食品のスターターとして用いた乳酸菌のひとつである *Lactobacillus plantarum* を用いて、流動層乾燥による粉末スターターの製造条件を検討した。

基材として、スキムミルク、コーングリッツ、小麦粉と上新粉を用いて試験した結果、スキムミルクを使用した場合の生残率が最も高かった。

スキムミルクを基材として、シュクロース(保護材)の濃度による生残率の差異を調べた。生残率はシューク

ロースが 30%の場合が最も生残率が高かった。

テストプラントを用いて流動層乾燥を行った結果、乳酸菌の生残率は非常に高く、スターターとして十分機能した。

文 献

- 1) 吉川・他：北海道立食品加工研究センター研究報告, 23 (1994)