

発酵食品製造における芽胞菌の制御技術

1. 目的

味噌、醤油および清酒等の発酵食品は製造過程で複数の微生物を意図的に作用させ、香味を生成するが、この過程で *Bacillus* 属等の芽胞菌が混入し、増殖すると耐熱性の胞子を形成して加熱による除菌は困難となる。一般的な味噌は水分活性が低値であるため芽胞菌が増殖することはないが、芽胞菌が多く存在する製品は、食品の品質や衛生管理の指標の一つとされる一般生菌数も多くなり、さらに二次加工食品の原料として使用された場合はその食品を劣化させる原因になることもあり得る。発酵食品の製造過程での芽胞菌の混入・増殖を防ぐ手法を確立し、製品中の数を抑制することで安全性が向上し、高品質化に繋がる。そこで本研究では味噌、醤油、清酒の製造工程における芽胞菌の挙動を解明し、製品中の芽胞菌の数を低減する手法を確立することを目的とした。

2. 方法

2-1 試料の採取

味噌、醤油、甘酒、清酒、米麴、酒粕およびそれらを原材料とした加工品について市販されているものを入手、あるいは工場での製造過程のものをサンプリングし、合計 283 サンプルを微生物検査の対象とした。

2-2 微生物検査方法

各種微生物の測定は常法に従い培養して測定した。表 1 に各種微生物の培養に使用した培地を示した。なお、麴菌の生育の認められる試料の細菌数の測定はカビサイジン(50mg/L)を添加した。芽胞菌は好気性芽胞菌として測定し、75℃で 15 分間加熱後、急冷したものを試料とした。また、酵母の測定においては、希釈液と培地に試料と同濃度の食塩を添加して使用した。

表 1 使用培地

対象菌	培地
細菌・好気性芽胞菌	標準寒天培地
酵母	サブロー寒天培地 (100ppm クロラムフェニコール含有)
乳酸菌	BCP 加プレートカウントアガール
セレウス菌	NGKG 寒天培地
ブドウ球菌	卵黄加マンニット食塩寒天
大腸菌群	BGLB 培地
クロストリジア	クロストリジア測定用培地

3. 結果

3-1 味噌における芽胞菌の挙動

発酵食品のうち、味噌製品中の細菌数（一般生菌数）は 1g あたり $10^2 \sim 10^7$ と幅広い範囲に分布しており、製造業者による差も大きかった。表 2 に同一工場での米味噌の製造工程を追って菌数の変化を測定した結果の一例を示した。

表 2 米味噌製造工程における菌数の推移

工程	細菌数	芽胞菌数
出麴	3.3×10^6	9.4×10^3
仕込み混合後	3.0×10^6	6.3×10^3
製品味噌	1.3×10^4	6.5×10^3

細菌数は出麴（米の製麴工程）、混合仕込み後のサンプルに最も多く、製品になると 2 オーダー減少していたのに対し、芽胞菌数は出麴、仕込み混合後および製品にほとんど差が見られなかった。細菌数が製品味噌中で減少しているのは仕込み混合時に存在した乳酸菌や酵母が発酵熟成過程で淘汰されたことや防湧のための加熱によると考えられた。一方、芽胞菌数は出麴の際に存在した芽胞菌が発酵、熟成および加熱の工程を経てもそのまま生残していることを示しており、芽胞菌の少ない味噌製品を得るためには、製麴工程終了までの過程で芽胞菌の混入、増殖を防ぐことが重要であると示唆された。

味噌のタイプ別の傾向として、発酵型の味噌では、熟成過程で酵母や乳酸菌の数が増加し、最終製品にも残存する傾向があったが、これらは 60~70℃程度の加熱で死滅した。好気性芽胞菌数も、極めて少ないものから総菌数の殆どを占めるものなど現場やロット間により分布の幅が大きかった。糖化型の味噌に関してはガスを生産する雑菌が混入して異常発酵しているもの以外は総菌数の大半を好気性芽胞菌が占めている場合が多かった。

3-2 味噌以外の発酵食品における芽胞菌の挙動

醤油や清酒などの液状食品は、製造過程で総菌数、好気性芽胞菌数ともに濾過工程で極めて低いレベルに抑制できた。濾過後の混入がなければ問題が少ないと考えられた。

甘酒の場合は、糖化型の味噌と同様の傾向で、雑菌の混入により異常発酵しているものを除いて総菌数の大半を芽胞菌が占めていた。また、黄麴菌のものに比べてクエン酸含量の多い白麴菌を使って製造されたものは極めて菌数が少ない傾向にあった。

味噌や醤油を主原料とするつゆやたれはロット毎の菌数のばらつきが大きい傾向があった。調合に使用される副原料から汚染されていることも示唆された。