

(別紙様式第3号) (Format No.3)

学 位 論 文 要 旨  
SUMMARY OF DOCTORAL THESIS

氏名 Name: 土佐典照

題目 Title: 固体発酵における黄麹菌のユビキノン生産性に関する研究とその応用  
Studies on Ubiquinone Production by *Aspergillus oryzae* in Solid Culture,  
and its Application

日本酒などの発酵食品の付加価値を高めるために、機能性を向上させ、かつ従来からの日本酒製造技術を生かした新商品開発を目的とし、麴に含まれるユビキノンに着目し、この生産性向上の研究を行った。

ユビキノンの工業的製法は UQ-10 を対象に行われ、植物に含まれるソラネソールを原料とした部分合成法や、UQ-10 含有量の多い微生物を培養して菌体から抽出する方法が検討されてきたが、製造にかかるコストに課題がある。安価にユビキノンを供給するためには、安全性が確立されている微生物のユビキノン含有量を強化し、その菌体を直接食品として用いることが有効と考えられる。菌体が食品に含まれているものは、納豆、味噌、漬物、活性清酒などの発酵食品や、甘酒などの砂糖の代替に麴を用いた菓子などがある。麴を原料とする食品に用いられる微生物は *Aspergillus* 属が主である。黄麹菌(*Aspergillus oryzae*)の主ユビキノンは、ユビキノン 10 二水素型(以下 UQ-10(H<sub>2</sub>))である。このことから黄麹菌中のユビキノンを増加させた米麴を原料とした酒類や食品を開発することにより、付加価値を高めることが期待できる。そこで醸造食品で使用されている黄麹菌を対象に、ユビキノン生産性の向上を目的にして、製麴工程で食品添加物として認められている有機酸やアミノ酸の添加し、影響について検討した。またアミノ酸を添加した麴が褐変化したので、抗酸化性についても研究を行い、以下の結果を得た。

製麴において、有機酸添加による黄麹菌のユビキノン生産性への効果について検討した。製麴の種付け時に、クエン酸、コハク酸、リンゴ酸、ピルビン酸を添加したところ、麴中のユビキノンは、リンゴ酸添加区で高くなった。次にリンゴ酸の添加量について検討したが、添加量が大きくなると pH の低下により、菌体量、ユビキノン量とも小さくなった。また吸水率の影響について検討したが、吸水率 30、40%では 5、10mol のリンゴ酸ナトリウムの添加によりユビキノン生産性が増加した。

数種類のアミノ酸を製麴時に添加し、黄麹菌のユビキノン生産性について検討を行った結果、芳香族アミノ酸、特に Phe が影響を与えた。対照区と比較して Phe の添加量が多くなるのに

従って、麴当たりの菌体量は減少した。麴当たりのユビキノンは、対照区と比較して添加量が 5,10,20mmol 区でそれぞれ約 1.4 倍高い値を示した。次に Phe とリンゴ酸 Na の併用効果について検討した結果、麴当たりのユビキノンは、対照区よりも 10mmol Phe と 10mmol リンゴ酸 Na を併せて添加した試験区が 1.6 倍高くなった。またこの麴の酵素力価を測定したところ、 $\alpha$ -アミラーゼとグルコアミラーゼは対照区よりも高くなり、リンゴ酸 Na の併用は効果があるものと推察された。

製麴温度の黄麴菌ユビキノンプロダクション性への影響を検討した。Phe とリンゴ酸 Na を製麴時に添加して、42℃と 30℃の温度で製麴した。この結果、30℃の製麴の方が値は高くなった。特に Phe とリンゴ酸 Na を添加して 30℃で 96 時間の製麴を行った麴のユビキノンは、無添加 48 時間 42℃で製麴したものの約 2.9 倍高くなった。しかし菌体当たりのユビキノンは、各試験区とも 48 時間以後ほぼ一定量となった。このことから、麴当たりのユビキノンの増加は、菌体量に影響されていることが推察された。

芳香族アミノ酸の Phe を添加して製麴すると、麴は褐変した。褐変した麴は、ラジカル消去能が高くなったので、Phe の添加量と麴色調、またラジカル消去能、ポリフェノール量の関係について検討した。この結果、Phe の添加量が多くなると、麴の白色度指数は低下し、ラジカル消去能とポリフェノール量は増加した。麴色調は、ラジカル消去能、ポリフェノール量と負の相関関係を示した。また Phe とリンゴ酸 Na を併用して製造した麴は、アミノ酸無添加また Phe を単独で添加して製造した麴よりも、ラジカル消去能が高くなった。これより Phe とリンゴ酸 Na を併用して製麴することは、麴品質に有効であると推察された。

以上の結果より、例えば従来の製麴方法で製造した酒造用麴を使用した甘酒よりも、3 倍量のユビキノンを含む付加価値の高い製品を製造できる可能性を示した。この技術について特許を取得し、現在県内食品製造業数社で、甘酒、梅やイカの麴漬け、また麴を砂糖の代替としたアイスクリームなどを試作し、商品化を検討している。この様にユビキノンの知識、技術を蓄積しさらに発展させて、県内の企業、特に低迷している伝統発酵食品工業に普及し、活性化を図ってゆくことが今後期待される。