

菩提奇異球菌(*Deinococcus ficus*) CC-ZG207之 羽毛分解液作為速效性液肥之研究¹

曾宥紘²、楊秋忠³

摘 要

羽毛為家禽類大宗之廢棄物。羽毛係由羽毛角蛋白質組成，由於角蛋白質之結構緊密及雙硫鍵含量豐富，因此不易分解。羽毛可作為土壤有機肥質料供作物養分吸收，然因羽毛分解速率緩慢，而無法立即提供作物生長初期養分吸收，若以微生物初步分解羽毛則可提高其養分釋放率。本研究以菩提奇異球菌(*Deinococcus ficus*)菌株CC-ZG207進行羽毛分解，發現以羽毛作為唯一碳氮源之培養基中，其角蛋白酶活性於培養的第4天達到最大為21.9 U/mL，羽毛分解率於培養的第2天至第8天，由64.8%增加至79.4%。菩提奇異球菌菌株CC-ZG207之羽毛分解液含有多種游離胺基酸，其中包含許多必需胺基酸，且胺基酸的含量以methionine 含硫必需胺基酸為最多。本研究另分析羽毛分解後之培養液之EC、可溶性銨態氮、可溶性磷及可溶性鉀之含量分析，其結果顯示菩提奇異球菌菌株CC-ZG207分解羽毛後培養液之電導度值、可溶性銨態氮、可溶性磷及可溶性鉀較對照組皆明顯增加。本研究結果顯示菩提奇異球菌菌株CC-ZG207之羽毛分解液具有作為農業廢棄物開發應用的潛力，可應用於動物飼料添加或作為液態有機質肥料，且可加速羽毛廢棄物再利用之效率。

關鍵字：菩提奇異球菌、羽毛分解、游離胺基酸。

前 言

羽毛由角蛋白質組成常做為農業廢棄物再利用，如動物飼料添加或土壤肥料施用⁽⁸⁾。羽毛為緩慢釋放之有機質⁽⁹⁾，以羽毛做為動物養分添加時常須以高溫高壓處理以破壞羽毛結構，並使其釋放出胺基酸以作為動物之營養所需，然而高溫高壓處理法常導致某些胺基酸之破壞，如methionine、lysine及tryptophan，而減少其營養價值⁽²⁰⁾，若以微生物分解羽毛則可以保留較高的營養價值⁽¹⁷⁾。羽毛作為植物養分來源時，常會有養分釋放緩慢的問題，使植物生長初期生長緩慢，因此若要以羽毛做為植物生長初期之養分而避免植物生長緩慢之問題，則可以微生物分解羽毛後之產物做為土壤肥料之施用，應可提高養分釋放率，並克服植物初期

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0788號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

³國立中興大學土壤環境科學系國家講座教授。

生長緩慢之問題。因此本研究評估以菩提奇異球菌分解羽毛後之產物成分分析，以明瞭其分解產物的特性及應用至農業領域之價值如動物飼料添加及土壤肥料應用。本研究之菩提奇異球菌(*Deinococcus ficus*)菌株CC-ZG207取自中興大學土壤環境科學系楊秋忠教授所篩選之新穎菌種⁽²²⁾，選取此菌種之原因為此菌種之基因組解碼資訊中具有許多蛋白質分解酵素之基因，因此菩提奇異球菌先天上具有分解含氮有機物之潛力，但目前尚未有羽毛分解之研究。

材料與方法

微生物之培養條件

本研究培養菩提奇異球菌於50 mL之含羽毛液態培養基中，羽毛培養基為基本礦物鹽加0.75% (w/v)雞羽毛，基本礦物鹽配方參照前人研究⁽⁴⁾，並修改為每升蒸餾水中添加1 g KH_2PO_4 ，1 g K_2HPO_4 ，0.2 g MgSO_4 及0.02 g CaCl_2 。本研究以1 M氫氧化鈉調整羽毛培養基至pH 9並於37°C下、150 rpm的環境中震盪培養。

羽毛分解率測定

本研究首先培養菩提奇異球菌CC-ZG207於5 mL液態肉汁培養基(Himedia, India)中，於30°C培養至對數生長期，以無菌水調整 OD_{600} 至0.9後，取50 μL 至50 mL之含羽毛液態培養基中，於37°C 150 rpm培養2~8天，將培養液倒入已於70°C烘乾之濾紙中(Sartorius-stedim 392，臺灣莎多利斯有限公司)，待濾液完全下滲後，收集濾紙並置於70°C烘箱中去除水分至恆重後，秤取殘留羽毛之重量。本研究肉汁培養基滅菌條件為121 °C 1.05 kg/cm^2 ，滅菌30分鐘而羽毛培養基則以相同條件滅菌15分鐘。

$$\text{羽毛分解率(\%)} = \frac{(\text{羽毛原乾重} - \text{殘留羽毛乾重})}{\text{羽毛原乾重}} \times 100$$

角蛋白酶活性分析

本研究之可溶性角蛋白質萃取方法參照前人研究⁽²¹⁾，以其萃取之角蛋白質為角蛋白酶活性分析之基質，進行角蛋白酶之活性測試⁽⁷⁾，角蛋白酶活性測定依此公式計算， $U = 4 \times n \times A_{280} / (0.01 \times 10)$ ，4是最終反應體積(mL)、n是稀釋倍數、10是反應時間(min)而 A_{280} 是吸光值⁽⁵⁾。

菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之樣品收集

本研究分析菩提奇異球菌菌株CC-ZG207培養於37°C之羽毛培養基中之第2天及第6天的培養液之上清液的pH、電導度值(EC)、可溶性銨態氮、磷、鉀、游離胺基酸之分析。培養液之上清液為培養液以8,000 xg離心10分鐘後，將上清液以0.45 μm 濾膜過濾後之液體。本研究另將未接菌之羽毛培養基於150 rpm震盪15分鐘後以8,000 xg離心10分鐘後，將上清液以0.45 μm 濾膜過濾後之液體作為空白組實驗(Blank)。本研究將未接菌之羽毛培養基以高溫高壓滅菌15分鐘後，以8,000 xg離心10分鐘，將上清液以0.45 μm 濾膜過濾後之液體作為滅菌空白組(Blank-S)。

培養液pH值、電導度值(EC)之測定

本研究欲瞭解菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之pH值及電導度值，以做為未來植物養分添加時的應用參數，本研究之pH值及電導度值的測定以pH計及電導度計測定。

培養液之可溶性銨態氮濃度分析

本研究欲瞭解菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之可溶性銨態氮的含量以做為未來植物養分添加時的應用參數。本研究以靛酚比色法分析銨態氮的濃度⁽³⁾。

培養液之可溶性磷濃度分析

本研究欲瞭解菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之可溶性磷的含量以做為未來植物養分添加時的應用參數。本研究以鉬黃法分析菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之可溶性磷的含量，分析方法參照微生物肥料檢驗法中的溶磷菌之溶磷活性分析⁽¹⁾。

培養液之可溶性鉀濃度分析

本研究欲瞭解菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之可溶性鉀的含量以做為未來植物養分添加時的應用參數。本研究以火焰光度計分析菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之可溶性鉀的含量，分析方法參照微生物肥料檢驗法中的溶鉀菌之溶鉀活性分析⁽²⁾。

培養液之游離胺基酸分析

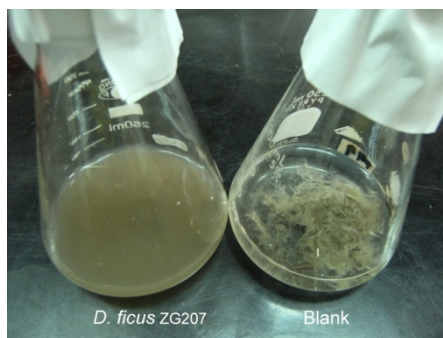
本研究欲明瞭菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之游離胺基酸種類及含量分析，除論證羽毛分解之證據並可由胺基酸種類之分析以瞭解其分解之特性，本研究委由嘉義大學檢驗分析及技術推廣服務中心進行分析。

結果與討論

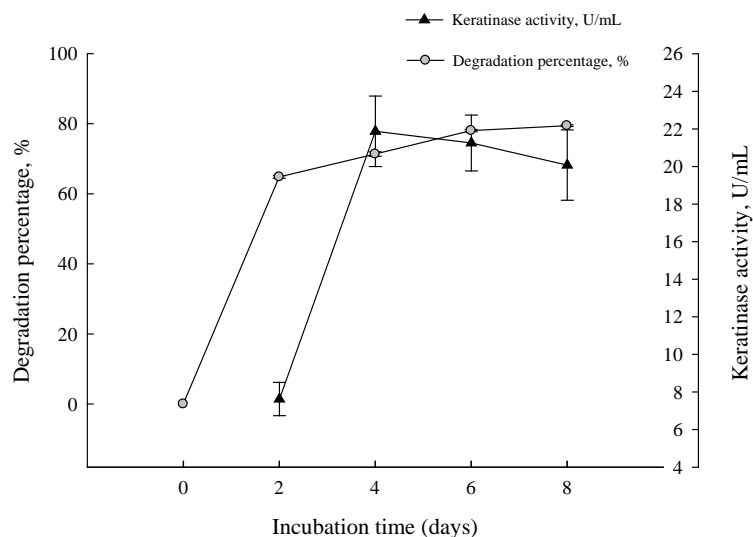
羽毛分解率及角蛋白質活性分析

本研究發現菩提奇異球菌CC-ZG207培養於37°C之羽毛培養基(pH 9, 羽毛0.75%)中，培養至第2天便有明顯的羽毛分解，使其成為水溶液態(圖一)。菩提奇異球菌CC-ZG207之羽毛分解率於培養的第2天為64.8%、第4天為71.4%、第6天為78%而第8天為79.4% (圖二)。本研究結果顯示菩提奇異球菌CC-ZG207培養至第6天的羽毛分解效能已達到最大值，培養至第6至第8天其羽毛分解效能已明顯下降(羽毛分解率僅增加了1.4%) (圖二)。菩提奇異球菌CC-ZG207於羽毛培養基培養至第2天，其羽毛分解率為64.8%，相較於前人研究提及的*Elizabethkingia meningoseptica* KB042⁽¹⁴⁾及*Streptomyces exfoliatus* CFS 1068⁽¹⁰⁾於羽毛培養基培養至第二天的羽毛分解率分別為45%及28%，其結果初步推論菩提奇異球菌CC-ZG207在生長初期(第2天)具有高的羽毛分解效率。菩提奇異球菌CC-ZG207之角蛋白酶活性分析，其結果顯示於培養的第2天至第8天其角蛋白酶的活性增加，且於培養的第4天可達最大的酵素活性值約21.9 U/mL (圖二)，顯示菩提奇異球菌CC-ZG207以角蛋白酶分解羽毛之證據。本研究發現菩提奇異球菌CC-ZG207於培養的第2天具有較高的羽毛分解率，然而其角蛋白酶活性卻在培養的第4天達到

最大，推測可能由於培養至第4天時，因較難分解之角蛋白質存在量相對較多，因而促使菩提奇異球菌CC-ZG207之羽毛分解相關之基因表現量提高，並導致角蛋白酶之數量增加後，顯現於培養的第4天其角蛋白酶活性明顯增加。本研究結果顯示未來應用菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛可於培養的第二天之羽毛分解液作為農業領域之應用如動物飼料添加或相對速效性之肥料。



圖一、菩提奇異球菌 CC-ZG207 於 37°C 之羽毛培養基中培養至第 2 天的分解情形。
Fig. 1. The growth statement of *D. ficus* CC-ZG207 incubated in feather medium to the second day.



圖二、菩提奇異球菌 CC-ZG207 培養於 37°C 之羽毛培養基中 2~8 天的羽毛分解率及角蛋白酶活性分析。

Fig. 2. The feather degradation percentage and keratinase activity by incubating *D. ficus* CC-ZG207 in feather medium at 37°C during 8 days.

菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之pH值、電導度值(EC)、銨態氮、可溶性磷及可溶性鉀含量分析

本研究欲明瞭菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛的第2天(代號D2)及第6天(代號D6)，其培養液之pH值、電導度值(EC)、銨態氮、可溶性磷及可溶性鉀的含量，以作為施用至植物做為養分添加時的應用參數。本研究中未接菌之羽毛培養基(pH 9，0.75%羽毛)的上清液之代號為Blank而將未接菌之羽毛培養基滅菌15分鐘後的上清液代號為Blank-S。結果如表一所示，本研究之羽毛培養基中因為沒有添加銨離子作為細菌生長之氮源，因此培養基中的銨態氮含量並不高(Blank，1.4 mg/L，表一)，而經由高溫高壓滅菌過程中，會破壞部分羽毛之結構而溶出銨態氮，因此滅菌後的羽毛培養基之銨態氮含量約為沒有滅菌的4倍，其濃度約為5.6 mg/L(表一)。

本研究由表一中可發現隨著菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛的時間增加，其EC值也跟著上升，顯示分解羽毛過程中，從羽毛所釋出的離子也隨著增加，若與沒有接菌之羽毛培養基(Blank)及滅過菌的羽毛培養基(Blank-S)相比，則菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液的銨態氮、可溶性磷及可溶性鉀的含量皆增加，由於菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後將釋出銨離子做為氮源之利用，因此可以發現相較於沒有接菌之羽毛培養基(Blank及Blank-S)，其銨態氮含量增加最為明顯(表一)。

表一、菩提奇異球菌 CC-ZG207 分解羽毛經 2 天(D2)與 6 天(D6)時的 pH、EC、可溶性銨態氮、可溶性磷及可溶性鉀分析

Table 1. The pH, EC, NH₄⁺-N, soluble P and soluble K of liquid feather medium incubated *D. ficus* CC-ZG207 at the second day (D2) and the sixth day (D6)

Sample	pH	EC (mS/cm)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)
D2	8.49	4.55	445.9±6.4	422.5±11.1	706.4±7.0
D6	8.53	4.88	266.0±4.3	439.1±1.4	780.4±14.0
Blank	8.91	1.85	1.4±0.013	369.9±1.39	503.4±0
Blank-S	8.79	2.02	5.6±0.043	403.4±1.39	503.5±0

Results of NH₄⁺-N, P and K represent mean±SD (n=3).

本研究比較菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛的第2天(D2)及第6天(D6)的培養液之銨態氮、可溶性磷及可溶性鉀的含量變化，表一中顯示菩提奇異球菌CC-ZG207培養於羽毛培養基的第2天(D2)到第6天(D6)，其銨態氮含量減少、可溶性鉀的增加量較多，而可溶性磷在菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛的第2天及第6天差別不大，其中分解羽毛的第2天其銨態氮含量較分解羽毛的第6天為高，其可能原因為，菩提奇異球菌CC-ZG207生長時需要氮源的吸收，因此分解羽毛作為氮源利用，而在生長初期，羽毛中較易被分解之角蛋白質(如結構較鬆散之角蛋白質)先被分解，因此釋出較大量的銨態氮作為菩提奇異球菌CC-ZG207的養分吸收並進行細胞繁殖，隨著培養天數的增加，細菌數量也跟著增加，加上較難分解之羽毛結構所釋出的銨態氮含量較低，因此菩提奇異球菌CC-ZG207培養於羽毛培養基的第6天其培養液的銨態

氮含量較培養的第2天為低。本研究顯示菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後將釋放許多養分，包含可溶性之氮、磷、鉀，然而本實驗中分解羽毛後的可溶性銨態氮含量卻不是可溶性氮、磷、鉀含量中最多的，推測可能因為分解羽毛之培養液中仍含有多量的胨肽及胺基酸，而這些胨肽及胺基酸相較於羽毛而言更容易分解，因此菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛之培養液中的銨態氮含量雖沒有可溶性磷及鉀多，但卻含有較多容易分解及利用的有機態氮(如胨肽及胺基酸)，有利於生物分解後所釋出的離子態氮供植物吸收利用。

菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之培養液之游離胺基酸分析

本研究發現菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛的2天後釋出許多種類之游離胺基酸(表二)，其中含有必需胺基酸的含量由多而少分別為methionine、arginine、phenylalanine、valine、threonine、leucine、isoleucine及lysine而菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛至第6天其培養液中的必需胺基酸含量由多而少分別為methionine、phenylalanine、lysine、arginine、leucine、threonine及isoleucine。菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛的第2天其胺基酸的釋出總量較第6天為高，且大部分種類的胺基酸含量都減少，含量增加的胺基酸有aspartic acid (增加0.08 µg/mL)、cysteine (增加4.44 µg/mL)、methionine (增加16.19 µg/mL)、phenylalanine (增加11.18 µg/mL)及lysine (增加0.82 µg/mL)。羽毛角蛋白質的雙硫鍵含量多且結構完整，因此羽毛不易分解，菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛的第6天其cystein的含量增加，cysteine為組成雙硫共價鍵之胺基酸，推測角蛋白質中有許多雙硫鍵被破壞，羽毛分解的程度增加。

前人研究顯示，*Streptomyces sp. MS-2*分解羽毛至第3天進行培養液之游離胺基酸含量分析，其含量最多的胺基酸分別為valine、isoleucine、alanine及phenylalanine⁽¹²⁾，*Bacillus altitudinis* GVC11分解羽毛至第3天的培養液之游離胺基酸含量以tyrosine、phenylalanine、glycine及valine的含量最多⁽¹¹⁾，*Fervidobacterium islandicum* AW-1分解羽毛1天後，其培養液之游離胺基酸含量以alanine、proline、valine及tryptophan含量最多⁽¹⁵⁾，而*Meiothermus ruber* H328分解羽毛至第6天其培養液之游離胺基酸含量以glycine、serine、valine、leucine、alanine及isoleucine含量為最多⁽¹³⁾，以上結果顯示細菌分解羽毛後常釋出大量的胺基酸valine、alanine及phenylalanine等，但含硫胺基酸(如methionine及cysteine)之含量並不多。前人研究指出羽毛中methionine含量並不豐富⁽⁶⁾，然而菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後所釋出的胺基酸卻以methionine為最多且分解至第6天其含量依然增加，因此菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後能釋出相對多量的必需胺基酸methionine，是其分解羽毛後養分釋放上的特殊之處，前人在飼料配方研究上提及含硫胺基酸如cysteine及methionine對動物生長而言是十分重要的營養源^(18,19,23)，本研究發現菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後能釋出相對多量的含硫胺基酸methionine及cysteine，因此菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛後之產物推論具有應用至動物飼料添加上的價值。由於羽毛不易分解的特性，將羽毛施用至土壤做為植物養分之吸收，其緩慢分解的特性將無法立即供應植物養份之吸收。前人研究指出植物具有吸收胺基酸之能力⁽¹⁶⁾，且胺基酸較角蛋白質易分解而轉化成無基態氮，因此本研究以菩提奇異球菌CC-ZG207分解羽毛所釋出之胺基酸，推論具有相對快速補充植物所需養分之效益。

表二、菩提奇異球菌 CC-ZG207 分解羽毛經 2 天(D2)與 6 天(D6)時的游離胺基酸分析

Table 2. The free amino acids of liquid feather medium incubated *D. ficus* CC-ZG207 at the second day (D2) and the sixth day (D6)

Free amino acid D2	Quantity ($\mu\text{g/mL}$)	Free amino acid D6	Quantity ($\mu\text{g/mL}$)
Aspartic acid	2.95	Aspartic acid	3.03
Glutamic acid	0.38	Glutamic acid	0.24
Serine	7.99	Serine	2.35
Histidine	N.D.	Histidine	N.D.
Glycine	5.47	Glycine	0.35
Threonine	6.70	Threonine	0.79
Alanine	14.59	Alanine	11.27
Arginine	33.95	Arginine	0.82
Tyrosine	1.65	Tyrosine	1.62
Cysteine	18.91	Cysteine	23.35
Valine	16.31	Valine	N.D.
Methionine	35.68	Methionine	51.87
Phenylalanine	19.05	Phenylalanine	30.23
Isoleucine	1.76	Isoleucine	0.37
Leucine	2.75	Leucine	0.80
Lysine	1.51	Lysine	2.31
Proline	5.89	Proline	0.57

結 論

本研究結果顯示以菩提奇異球菌分解羽毛後，可於分解的第二天釋出相對多量的游離胺基酸及可溶性氨態氮，且養液中的可溶性磷及鉀也有明顯的增加，顯示羽毛分解的證據而羽毛分解後含有的胜肽、胺基酸及可溶性氮為較角蛋白質容易分解的營養源，可做為相對速效性肥料之應用，分解羽毛六天因培養液含有較多含硫胺基酸可作為飼料添加使用。本研究結果顯示以菩提奇異球菌分解羽毛可應用於農業領域且可加速羽毛廢棄物再利用之效率。

參考文獻

1. 經濟部標準檢驗局 2009 微生物肥料檢驗法-溶磷菌之測定(CNS15301-3, N4201-3)。
2. 經濟部標準檢驗局 2009 微生物肥料檢驗法-溶鉀菌之測定(CNS15301-4, N4201-4)。
3. 環境保護署 2005 水中氨氮檢測方法-靛酚比色法 環署檢字第0940035925A號公告。
4. Bushnell, L. D. and H. F. Haas. 1941. The utilization of certain hydrocarbons by microorganisms. J. Bacteriol. 41: 653-673.

5. Cai, C. G., B. G. Lou and X. D. Zheng. 2008. Keratinase production and keratin degradation by a mutant strain of *Bacillus subtilis*. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 9:60-67.
6. Fisher, M. L., S. Leeson, W. D. Morrison and J. D. Summers. 1981. Feather growth and feather composition of broiler chickens. *Can. J. Anim. Sci.* 61: 769-773.
7. Gradisar, H., J. Friedrich, I. Križaj and R. Jerala. 2005. Similarities and specificities of fungal keratinolytic proteases: comparison of keratinase of *Paecilomyces marquandii* and *Doratomyces microsporus* to some known proteases. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 3420-3426.
8. Gupta, R. and P. Ramnani. 2006. Microbial keratinases and their prospective applications: an overview. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 70: 21-33.
9. Hadas, A. and L. Kautsky. 1994. Feather meal, a semi-slow-release nitrogen fertilizer for organic farming. *Fert. Res.* 38: 165-170.
10. Jain, R., P. C. Jain and S. C. Agrawal. 2011. Feather degradation by *Streptomyces exfoliatus* CFS 1068. *Ann. Microbiol.* DOI 10.1007/s13213-011-0336-0.
11. Kumar, E. V., M. Srijana, K. Chaitanya, Y. H. K. Reddy and G. Reddy. 2011. Biodegradation of poultry feathers by a novel bacterial isolate *Bacillus altitudinis* GVC11. *Indian J. Biotechnol.* 10: 502-507.
12. Mabrouk, M. E. M. 2008. Feather degradation by a new keratinolytic *Streptomyces* sp. MS-2. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 24: 2331-2338.
13. Matsui, T., Y. Yamada, H. Mitsuya, Y. Shigeri, Y. Yoshida, Y. Saito, H. Matsui and K. Watanabe. 2009. Sustainable and practical degradation of intact chicken feathers by cultivating a newly isolated thermophilic *Meiothermus ruber* H328. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 82: 941-950.
14. Nagal, S. and P. C. Jain. 2010. Production of feather hydrolysate by *Elizabethkingia meningoseptica* KB042 (MTCC 8360) in submerged fermentation. *Indian J. Microbiol.* 50: S41-S45.
15. Nam, G. W., D. W. Lee, H. S. Lee, N. J. Lee, B. C. Kim, E. A. Choe, J. K. Hwang, M. T. Sujartono and Y. R. Pyun. 2002. Native feather degradation by *Fervidobacterium islandicum* AW-1, a newly isolated keratinase-producing thermophilic anaerobe. *Arch. Microbiol.* 178: 538-547.
16. Nasholm, T., K. Kielland and U. Ganeteg. 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytol.* 182: 31-48.
17. Onifade, A. A., N. A. Al-Sane, A. A. Al-Musallam and S. Al-Zarban. 1998. A review: potentials for biotechnological applications of keratin-degrading microorganisms and their enzymes for nutritional improvement of feathers and other keratins as livestock feed resources. *Bioresour. Technol.* 66: 1-11.

18. Pinto, R., A. S. Ferreira, J. L. Donzele, L. F. T. Albino, M. de Almeida e Silva, R. de Soares and C. A. Pereira. 2003. Methionine plus cystine requirement for growing japanese quails. *Rev. Bras. Zootech.* 32: 1174-1181.
19. Silva Junior, R. G. C., G. R. Q. Lana, C. B. V. Rabello, S. R. V. Lana and W. A. Barboza. 2006. Requirements of methionine plus cystine for female broilers chickens from 1 to 21 and 42 days old on tropical climate region. *Rev. Bras. Zootech.* 35: 497-503.
20. Wang, X. and C. M. Parsons. 1997. Effect of processing systems on protein quality of feather meal and hair meals. *Poultry Sci.* 76: 491-496.
21. Wawrzkievicz, K., J. Lobarzewski and T. Wolski. 1987. Intracellular keratinase of *Trichophyton gallinae*. *Med. Mycol.* 25: 261-268.
22. Zeng, Y. H., F. T. Shen, C. C. Tan, C. C. Huang and C. C. Young. 2011. The flexibility of UV-inducible mutation in *Deinococcus ficus* as evidence by the existence of the *imuB-dnaE2* gene cassette and generation of superior feather degrading bacteria. *Microbiol. Res.* 167: 40-47.
23. Zhan, X. A., J. X. Li, Z. R. Xu and R. Q. Zhao. 2005. Effects of methionine and betaine supplementation on growth performance, carcass composition and metabolism of lipids in male broilers. *Brit. Poultry Sci.* 47: 576-580.

Study on the Characterization of Feather Degrading Solution by *Deinococcus ficus* CC-ZG207 as A Fast Release Liquid Fertilizer¹

You-Hong Zeng² and Chiu-Chung Young³

ABSTRACT

Feather is the waste product in poultry industry the main component of feather is keratin. However, keratin is reluctant to degrade because of its higher content in disulphide bond and compact keratin structure. Feather is rich in nitrogen and can be used as organic fertilizer resource, however the slow nutrient release makes it inadequate for using as plant nutrient at the initial growth stage. The pre-degradation by microorganism can increase the nutrient release in feather process. In this study, feather is applied as sole carbon and nitrogen source in the feather medium and to be degraded by *Deinococcus ficus* CC-ZG207, the maximum keratinase activity was 21.9 U/mL on day 4 and the feather degradation percentage was 64.8% on day 2 increased to 79.4% on day 8. Various free amino acids including essential ones were detected in the feather degrading solution by *D. ficus* CC-ZG207, and the most abundant among them was essential amino acid, methionine. The EC, solubilizing amino-nitrogen, phosphate and potassium were also increased accompany by feather degradation of *D. ficus* CC-ZG207. These results showed the feather-degrading solution of *D. ficus* CC-ZG207 has the potential to apply in the agriculture field such as fodder nutrient supplement and fast release fertilizer for accelerating the feather waste recycling.

Key words: *Deinococcus ficus*, feather degradation, free amino acid.

¹ Contribution No. 0788 from Taichung DARES, COA.

² Assistant soil scientist of Taichung DARES.

³ National Chair Professor, Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University.