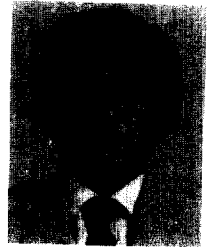


微生物 色素의 開發 과 産業的 利用



太平洋化學(株) 技術研究所 梁 承 珏

1. 序 言

우리 주변의 모든 製品들은 色素를 배제하고는 고려할 수 없을 정도로 우리는 色素와 친근해져 있다. 이러한 色素 需要에 대한 대부분을 지금까지는 合成色素가 담당해 왔으나 근년에 들어 合成色素의 安全性에 대한 規制가 強化되고 있고 消費者들의 관심 고조와 이로 인한 天然物 指向性이 증가함에 따라 타알色素로 대표되는 合成色素는 급격히 天然色素로 대체되어 가고 있다.

일반적으로 天然色素는 動·植物組織이나 鑛物質源으로부터 추출한 것이 대부분이지만, 이러한 色素들은 收穫時期, 場所, 氣候條件 등에 의해 일정한 品質, 일정한 量의 原料를 確保하는 것이 곤란한 문제로 남아 있었다.

그러나 근년에 들어 Biotechnology의 발달로 植物組織培養에 의한 植物 起源 色素의 生産이나 微生物의 培養에 의한 微生物 起源 色素 및 酵素에 의한 전환 색소의 生産에 대해 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다. 그 結果 Shikonin과 같은 植物性 色素와 Monascus色素, 치자 靑色素, 스피룰리나 色素와 같은 微生物 色素들이 天然色素로써 開發되어 食品·化粧品 등에 사용되어지고 있다.

일반적으로 微生物들은 菌種에 따라 독특한 色素를 생성하나 收率이 낮다는 문제점을 갖고 있었다. 그러나 최근 醱酵技術의 發達 및 遺傳子 再組合, 細胞融合 등의 發達로 微生物 色素의 開發 可能性이 한층 높아졌다. 따라서 微生物에 의해 生産 可能한 天然色素에 대하여 그 現況과 展望을 개략적으로 기술하고자 한다.

2. 色素 生成 微生物

일반적으로 微生物들은 2차 代謝產物로써 色素

를 菌體內에 축적하거나 菌體外로 분비한다. 따라서 菌種과 培養條件에 따라서 特異하고 다양한 色素를 얻을 수 있으며 지금까지 研究되어진 微生物 色素에 대해 검토해 보고자 한다(표 1)

1) Bacteria

細菌에서 生産할 수 있는 대표적인 天然色素로는 Prodigiosin을 生産하는 *Serratia marcescens* (1, 2), Phenazin을 生産하는 *Pseudomonas aeruginosa* (3), Xanthomonadin을 生産하는 *Xanthomonas* (4), Lycopene(토마토 등의 붉은 色素 成分)을 生産하는 *Streptomyces chesotomyceticus var. rubescens* (5), Neopurpuratin을 生産하는 *Bacillus* sp(6), 등이 있으며, 이밖에 *Streptomyces echinoruber* sp(7)(*rubrolone*), *Cellulomonas biazotea* (8)(*carotenoid*) 등이 있다.

2) Yeast

Carotenoid를 生産하는 *Rhodotorula glutinis* (9), betacyanine을 生産하는 *Candida utilis* (10), 조류·새우·게·연어와 같은 조직에서 fresh color를 나타내는 astaxanthin은 동물계에서는 흔히 발견되나 微生物에서는 잘 발견되지 않는 것으로 알려지고 있으나 *phaffia rhodozyma* (11)를 이용한 生産에 대해 연구가 진행중이다.

3) Mold

β -Carotene을 生産하는 Mucorales 目에 속하는 *Phycomyces blakesleeanus* (12, 13, 14), *Choanephora cucurbitarum* (12, 13) 등이 있으며, Xanthophylls를 生産하는 Basidiomycetes, monascorubratin(赤色), rubropunctatin(赤色), monascin(黃色), ankafavin(黃色), rubropunctamin(紫色), monascorubramin(紫色) 등의 6가지 이상의 色素를 生産하는 *Monascus purpureus* (15), *M. anka*, *M. barkeri* 등이 알

표 1. 微生物이 生産하는 色素化合物

색소성분	균 원	용 도
Altersolanol A	<i>Alternaria solani</i>	색소
Aurocitrin	<i>Hypocrea citrina</i>	항균성 색소
Astaxanthin	<i>Phaffia rhodozyma</i>	색소
β -carotene	<i>Blakeslea trispora</i>	황색 색소
	<i>Phycomyces blakesleeanus</i>	황색 색소
Carotenoid	<i>Corynebacterium poinecettiae</i>	적, 황색 색소
	<i>Cellulomonas bilazofea</i>	적, 황색 색소
Fonsecin	<i>Aspergillus fonsecaeus</i>	황색 색소
Fusarubin	<i>Fusarium solani</i>	갈색
Lycopene	<i>Blakeslea tripora</i>	색소
	<i>Streptomyces chrestomyceticus</i>	색소
Monascorubratin	<i>Monascus purpureus</i>	적, 황, 자색 색소
	<i>M. anka</i>	적, 황, 자색 색소
	<i>M. barkeri</i>	적, 황, 자색 색소
Neopurpuratin	<i>Streptomyces propurpuratus</i>	적 자색 색소
Ochrephilone	<i>Penicillium malticolor</i>	황색 색소
Physson	<i>Alternaria porri</i>	색소
Pyrrol-2-ylpolyenes	<i>Wallemia sebi</i>	색소
Prodigiosin	<i>Serratia marcescens</i>	적색 색소
Rubrofusarin	<i>Asp. fonsecaeus</i>	황색 색소
Rubrolone	<i>Streptomyces echinoruber</i>	적색 색소
Rubropunctatin	<i>M. purpureus</i>	색소
Rugulosin	<i>Pen. rugosum</i>	황색 색소
	<i>Pen. wortmannii</i>	황색 색소
W-59	<i>Pen. purpurogenum</i>	적색 색소
Xanthophylls	Basidiomycetes	청색 색소
	Green algae	청색 색소
Xanthomonadin	<i>Xanthomonas juglandis</i>	색소

려져 있고, 이밖에 *Alternaria solani*(16) (altersolanol A), *Dactylaria lutea*(16), *Alternaria porri*(17) (physson), *Aspergillus fonsecaeus* (18) (fonsecin), *Penicillium malticolor*(19) (ochrephilone) 등이 알려져 있다.

4) Algae

Green algae에서 Xanthophylls 등이 생산되는 것으로 알려져 있다.

5) 微生物이나 酵素에 의한 變換 色素

치자열매에서 얻어지는 irridoid 配糖體인

geniposide에 β -glucosidase나 이를 분비하는 微生物을 培養해서 靑色素을 生産할 수 있다.

한편 anthocyanidin 등과 같은 flavonoids 계통의 색소의 生産과 生産된 lutein, quercetin, flavnes, flavanones 등의 生産된 flavonoid 化合物의 變換을 통한 色素原料의 生産을 생각할 수도 있다. 예로서 flavanone에 *Gibberella fujikuroi*를 작용시키면 flavane-4-diol, 2-hydroxy chalcone 등의 다양한 色素物質을 생산할 수 있게 된다(20).

3. 微生物色素의 産業的 生産 및 利用

표 1에서와 같이 微生物이 生産하는 色素는 많
이 존재하지만 安全性, 安定性, 經濟性 그리고 生
産性 등을 모두 만족시키는 것은 그다지 많지 않
다.

현재 微生物에 의해 生産되어 天然食用色素로
사용하고 있는 것과 利用可能한 色素를 중심으로
産業的 生産 및 利用에 대해 기술하고자 한다.

1) 모나스커스(Monascus) 色素(21, 22)

옛날부터 중국, 말레이시아 지방에서 紅酒의 제
조에 이용한 紅麴菌에 의해 生産되는 色素로 지금
까지 수십종이 보고되어 있다. 이 가운데 구조가
확인된 것은 黃色色素 2種(monascin, anka-
flavin), 赤色色素 2種(rubropunctatin, monas-
corubrine), 紫色色素 2種(rubropunctamin,
monascarubramine)의 6種이며 주로 Monascus
purpueus, M. anka, M. bakeri 등과 그 변이주
를 이용하여 생산한다. 이들 色素의 구조식은 그
림 1과 같으며 현재 商品化되고 있는 것은 이들의
不溶性 色素에 아미노산, 펩타이드, 단백질 등을
結合하여 水溶化시킨 것이다.

제조방법에는 固體培養法과 液體培養法이 있으
나 收率이 좋고 短期間에 培養되며 培養後 抽出이
간편한 液體培養法이 주로 이용되고 있다(그림
2).

모나스커스 色素의 色調와 溶解性は 培養條件과
抽出時 아미노산, 펩타이드 등의 種類와 抽出條件
에 따라 다르며 시장이 확대되면서 耐酸, 耐알칼
리性的의 제품이 나오고 있으며 앞으로 耐光性的의 개

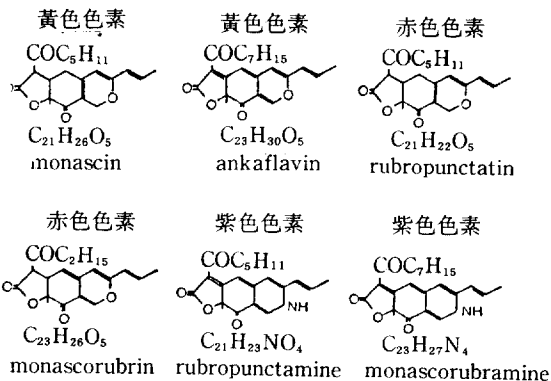


그림 1. 모나스커스 色素의 構造式

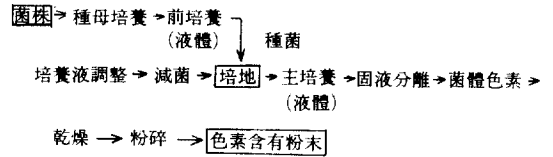


그림 2. 液體培養法

량이 문제로 남아 있다.

일반 天然色素는 原料가 天然物이기 때문에 生
産量, 品質 등의 변화가 심하고 價格이 불안정한
데 비하여 모나스커스 色素는 곰팡이의 培養에 의
해 얻어지므로 일정한 品質, 量, 價格의 제품을
얻을 수 있으며 또, 비교적 값이 싸고 단백질과 친
화성도 강하며, 耐熱性, 染着性, 安定性, 安全性
이 우수하여 지속적인 市場의 확대가 기대된다.

주로 紅酒, 계맛살, 소세지 등의 畜肉加工品,
水産加工品 등의 着色에 이용되고 있다.

2) 치자靑色素(23, 24, 25)

치자靑色素는 치자열매에 함유되어 있는
irridoid 配糖體인 geniposide 그림 3에
 β -glucosidase 또는 이 酵素를 生産하는 微生物
로 처리하여 糖을 제거하면 genipin이 되고 여기
에 제1급 아미노기와 반응하여 發色하는 水溶性
靑色色素인데, 이때 처리온도, pH, 산소,
irridoid 配糖體의 成分, 제1급 아미노기 함유 化
合物의 種類에 따라 重合度, 發色機構 등이 다르
게 되어 綠色~靑色~赤紫色 등의 다양한 色相을
나타내게 된다.

치자靑色素는 熱, pH, 光 등에 대한 높은 安定
성을 갖고 있으나 色調가 약간 어둡기 때문에 최근
에 色調의 鮮明化, 明色化가 연구되고 있으며 이
를 위해서 原料 irridoid 配糖體의 精製, 選別, 제
1급 아미노기의 選擇, 重合度の 規定, 發色한 靑
色素의 企劃 등이 검토되고 있다.

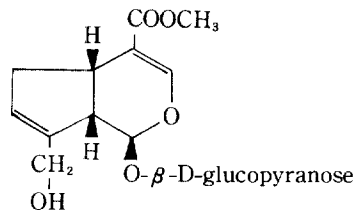


그림 3. Geniposide의 構造式

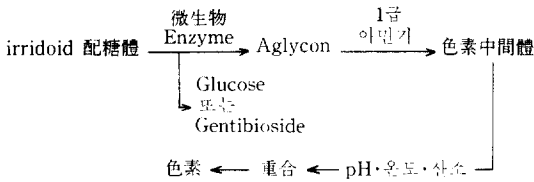


그림 4. Irridoid 配糖體로부터 色素生成 過程 모식도

3) 스피룰리나(Spirulina) 靑色素

藍藻類인 Spirulina에서 抽出한 靑色素로 成分은 蛋白質과 유사한 性狀을 나타내며 水溶性, 油脂에 不溶이며 熱, 빛, 酸에 대하여 不安定하다. 이러한 不安定性이 食品 等에의 사용이 제한적이지만 自然界에는 흔치 않은 선명한 靑色色素이다. 한편 Spirulina는 維生素 B群의 營養素를 많이 함유하여 건강식품으로 이용되고 있다.

4) Phaffia rhodozyma 生成 色素(26, 27)

Phaffia rhodozyma라는 酵母가 Astaxanthin (3, 3'-dihydroxy-β, β-carotene-4, 4'-dione)을 生産한다는 것이 보고되어 있는데(26) 이 Astaxanthin은 조류·새우·계·연어와 같은 동물계에서 주로 발견되는 色素로 微生物에서는 잘 발견되지 않는 色素이다. P. rhodozyma를 이용한 Johnson의 연구(27)에서 Astaxanthin은 128시간 배양에서 菌體 1g중 406 μg이 생산되었고 이때에 基質(糖)의 種類와 濃度, 通氣攪拌이 酵母의 生育과 色素의 生産에 영향을 미친다고 보고하였다.

5) Candida utilis에 의한 red beet 色素(10)

Candida utilis에 의한 beet汁에서 30±2°C, pH 5.0±0.3의 條件으로 通氣攪拌 하면서 培養하면 red beet汁중의 砂糖, 蛋白質 등이 제거된 色素濃縮物을 얻을 수 있는데 이 濃縮物은 염산으로 pH 2.0으로 조정한 후 Sephadex G-25 Column에 의해 염을 제거 건조하여 분석한 결과 55% 이상의 betacyanine이 함유되어 있는 것으로 보고되어졌다(28). 이 色素濃縮物은 주로 알코올 음료 또는 食品의 着色料로 사용 가능하다.

4. 今後의 展望 및 提言

앞으로 다양한 色相의 製品 開發은 더욱 증대될

것이고 消費者들의 보건·건강에 대한 요구가 보다 完全한 製品에 대한 선호도를 증가시킬 것이다. 이에 따라 天然色素의 需要는 증가할 것이기 때문에 良質의 天然色素 開發이 절실히 요구되고 있다.

그러나 대부분의 動·植物 및 鑛物質源으로부터 分離·抽出한 天然色素은 收穫時期·場所·氣候條件 等에 의해 一定한 品質의 原料確保가 어렵고 價格變動, 安定性 등의 문제를 갖고 있으므로 微生物에 의한 色素生産은 많은 가능성을 갖고 있다고 할 것이다. 물론 微生物 醱酵에 의해 얻어지는 色素은 pH에 따른 色調 및 明暗度의 變化가 많으며 특유한 異臭가 있고, 收率이 낮다는 단점이 있으나 微生物의 世界는 무한해서 새로운 素材를 提供할 수 있기 때문에 보다 유용하고 安全한 色素生成菌株를 檢索하고, 遺傳子 再組合, 細胞融合 등의 Biotechnology 技術을 이용한 變異株 高收量株를 개발한다면 收穫時期, 場所, 氣候에 관계없이 適收量의 色素를 生産할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 菌株의 種類, 培養條件, 培地의 成分 等에 따라 다양한 色素를 生産할 수 있으며, 앞으로 새로운 色素生成菌株의 檢出, 醱酵技術, 抽出法, 精製法, 分析技術 및 Genetic engineering 등의 발달로 微生物 生成 色素가 갖는 제 문제—鮮明度, 安全性, 安定性, 純度, 收率—등을 해결할 수 있리라 기대된다. 따라서 菌株 檢索 및 菌株改良에 의해 稀少價値가 있는 色素生産에 꾸준한 노력을 기울여야 할 것이다.

참고문헌

1. Melvin, P. et al., J. Bacterial 114, 999(1973).
2. 특허공보 84-1283.
3. Hansford, G.S. et al., J. Chem. Soc. Perkin, Trans 1, 103(1972).
4. Mortimer, P.S. et al., J. Bacteriol 87, 293(1964).
5. Tresner, H.D. et al., Appl. Microbiol 11, 335(1963).
6. Masayuki Ohshima, et al., J. Ferment. Technol, 61, 31(1983).
7. Schüep, W. et al., J. Antibiotics 31,