

6) 諸外国における紅麴色素の利用

(1) 肉製品に亜硝酸塩の代替物としての *Monascus* 抽出物の使用

FINK - GREMMELS Jらは、ら、かびの *Monascus purpureus* 米培地からの抽出物について、ソーセージの発色剤の代替物としての作用を調べた。抽出物を 4000ppm 添加すれば亜硝酸塩の場合とほとんど同じ色調になり、亜硝酸塩と併用することで亜硝酸塩を従来より 66 %減少させることができたが、若干にがみを呈した。さらに、毒性試験および安全性に関する研究が必要と考えている⁵¹⁾。

FINK - GREMMELS Jらは、ら、*Monascus purpureus* の米培養液から調整した抽出物を用いて、肉製品の発色剤の代替物としての効果を調べた。抽出物を 1000 ~ 4000ppm 添加したソーセージと 72ppm の亜硝酸を添加したものについて、色調および退色の程度を調べた。色調は 4000ppm 添加したものと 72ppm 亜硝酸添加したものの赤味は同じで、亜硝酸塩と併用することによって色調が改善され⁵²⁾。

SHEHATA H A らは、ら、生エジプト牛肉ソーセージ色調の最適化を検討するために、エジプト生牛肉ソーセージの製造で、亜硝酸塩の代替物として天然色素の作用を調べた。使用した天然色素材は中国の発酵産物の赤米、各種の *Monascus purpureus* で製造した色素及び市販品であった。各添加量を変えた製品を - 18 °C、30 日間の貯蔵後に理化学的検査を行った結果、肉 1kg 当たり 1 ~ 2g の赤米製品を添加したソーセージが最もよかった⁵³⁾。

OBER P らは、ら、*Monascus purpureus* Went DSM 1379 株の代謝生成物が大腸菌などの微生物に及ぼす影響について調べた試験。代謝生成物は微生物の発育になんら影響を及ぼさなかった。細菌学的な観点からこの代謝産物は、硝酸塩または亜硝酸塩の代替物とすることはできなかった。主として色調および調味料の分野に使用すべきことを示唆した⁵⁴⁾。

7) 総説等

室井孝司による、「食用色素の新知見とその活用 微生物生産色素の最近の研究動向 モナスカス色素を中心として」モナスカス菌の工業生産と菌体利用の概要を紹介。生産する色素は 10 種以上うち 6 種の構造が判明。アミノ基と結合し水溶性の赤色色素となるが、培養条件により色素と収量を改善可能。利点は蛋白質食品に対する染色性、熱安定性で、だいたい色ないし赤色の色合い。pH2 ~ 10 で安定、光による影響を受ける。モナスカス以外についても紹介。菌体自身の安全性証明が必要等について述べている¹²⁸⁾。

LEISTNER L は、Angkak の生理学的小および栄養学的意義 (OT Die ernahrungsphysiologische Bedeutung von Angkak) Angkak (紅麴) の作用と起源および分類学上の性質について、日本、中国、USA、台湾、韓国、タイ、ドイツなどで出版されたデータおよび食肉研究所での実験について解説し、*Monascus purpureus* で発酵した米が赤かび米と呼ばれ、紅麴または Angkak と呼ばれる物である。20 % の米粉での *Monascus purpureus* DSM 1379 の培養で赤色を示した。毒性、生理学的作用、色調への影響、保存性などについて述べている⁵⁵⁾。

加工食品へのモナスカスの利用について、鈴木秀昭は、*Monascus anka*, *M.purpureus*, *M.barkeri* などによるモナスカス色素の一般的性質を述べ、耐熱性・染着性にすぐれ、発酵法で安定供給できる天然色素として、カニ足様カマボコを主に水産加工・畜肉加工・菓

子等への利用，耐酸・耐塩性モナスカス色素の開発による醤油・醤油関連食品(たれ・つゆ，米菓，水産関連食品)への応用について，さらに紅麴の加工食品への応用に関する特許を紹介している³⁷⁾。

7. *Monascus ruber*

1) 二次代謝産物

(1) 3 α -ヒドロキシ-3,5-ジヒドロモナコリン L

NAKAMURA Tらは、*Monascus ruber* の培養液から単離した化合物(I)は既知物質モナコリン K(メビノリン)に関連の新物質である。構造は各種スペクトルデータの解析から推定。4a, 5-ジヒドロモナコリン L(II)は *M. ruber* の無細胞抽出物と酸素分子の存在で I に変換した。I の生合成経路上、4a, 5-ジヒドロモナコリン L は I の直接的な前駆物質であると推定した¹³⁾。

(2) モナコリン J および L

ENDO Aらは、*Monascus ruber* No.1005 の培養液より2種類の新化合物モナコリン J (C₁₉H₂₈O₄) および L (C₁₉H₂₈O₃) を単離。両物質の ¹H および ¹³C - NMR スペクトルデータを既知物質であるモナコリン K のデータと比較することにより構造を解明した¹⁴⁾。

(3) N-グルコシルプロブクタミン及び N-グルコシルモナスコルブラミン

HAJJAJ Hらは、食品添加色素の生産に用いている標題繊維状真菌の産生する新規菌体外水溶性色素の産生、抽出、精製、構造及び分子特性について述べた。グルコース及びグルタミン酸 1-ナトリウム含有規定培地での深部培養で本菌は約 100h で最大色素量を産生した。過剰グルコース(20g/L)添加培養では全色素量の 10% が新規の色素であった。培養上清の水飽和 n-ブタノール抽出及び HPLC 精製で得た新規色素は標題 2 色素であると構造決定した。両色素の電子供与体-受容体複合体効果の発生は UV 吸収、ポーラログラフィー及び薄層ポルタンメトリーによって証明した。なお、n-ブタノール抽出は新規両色素の日光下数か月の安定性を示した¹⁵⁾。

(4) モナコリン M

Monascus ruber 株の培養液からモナコリン K(メビノリン)に構造類似の新規コレステロール生合成選択阻害剤、モナコリン M を単離した。構造はモナコリン J の β -ヒドロキシブチルエステルであることが明らかとなった¹⁶⁾。

(5) 色素生産

PASTRANA Lらは、*Monascus ruber* のかびをグルタミン酸モノナトリウムを単一窒素源とする合成培地で培養すると赤色色素が生成した。本菌の増殖及び色素生産は CO₂ 富化培養で強化された。フラスコ培養では菌糸ペレットが大きい場合にエタノールの生産性が増加し、小さい場合に色素の生産が増加した。色素の生産速度のピークは比増殖速度のピークに先立って現れた¹⁷⁾。

HAJJAJ Hらは、食品添加色素の生産に用いている *Monascus ruber* 繊維状真菌の産生する新規菌体外水溶性色素の産生、抽出、精製、構造及び分子特性について研究した。グル

コース及びグルタミン酸 1 - ナトリウム含有規定培地での深部培養で本菌は約 100h で最大色素量を産生した。過剰グルコース (20g / L) 添加培養では全色素量の 10 % が新規の色素であった。培養上清の水飽和 n - ブタノール抽出及び HPLC 精製で得た新規色素は標題 2 色素であると構造決定した。両色素の電子供与体 - 受容体複合体効果の発生は UV 吸収、ポーラログラフィー及び薄層ポルタンメトリーによって証明した。なお、n - ブタノール抽出は新規両色素の日光下数か月の安定性を示した⁷⁹⁾。

(6) アルカリプロテアーゼ

ASO K らは、*Monascus anka*; *Monascus araneosus*; *Monascus kaoliang*; *Monascus purpureus*; *Monascus ruber* の 5 種 6 菌株が増殖中に分泌生産するアルカリプロテアーゼを粗精製し、ポリアクリルアミドゲル電気泳動で分離後カゼイン含有ゲルへのプリント法による活性評価を行った。その結果 3 種類に分類され、いずれも PMSF によって阻害を受けたが、キレート剤および SH 試薬には非感受性であった。キモトリプシン又はトリプシンとは違うタイプのセリンプロテアーゼであると判断した¹⁵⁾。

(7) モナコリン類の生合成、モナコリン J のモナコリン K (メビノリン) への変換

KIMURA K らは、1) *Monascus ruber* M4681 の菌糸体から無細胞抽出物を得、モナコリン J を加えて培養。モナコリン K への変換を認めた。2) *Paecilomyces viridis* L - 63 を前培養して菌糸体を得、菌子体を浮遊させた緩衝液中にモナコリン J を加えて培養し、モナコリン K の産生を認めた。1), 2) 共にモナコリン J を加えない条件下ではモナコリン K の産生を認めなかった¹⁴⁾。

(8) モナコリン L のモナコリン J への変換

KOMAGATA D、菌株 *Monascus ruber* M4681 培養時、モナコリン L を添加するとモノオキシゲナーゼの作用でモナコリン J に変換した。18O₂ を取込んだ L はこの水酸化反応で [18O] - モナコリン J を与えた。この反応は O₂ 存在下 *M. ruber* 無細胞抽出物中の酵素によった。酵素はミクロソーム画分に存在し、NADPH に特異的で、メチラボン、一酸化炭素、スルフヒドリル試薬およびチトクローム c で失活した¹⁶⁾。

(9) シトリニン

腎毒性を示すシトリニンの産生性等については、次のような報告がある。

BLANC P J らは、*Monascus* の産生するシトリニン (モナシジン A) の性状について、*M. purpureus*、*M. ruber* が産生するモナシジン A について、生物学的性状に関する試験、質量分析、NMR 解析等の結果、種々の真菌の産生する腎毒素、シトリニンの性状を示すことを認めた。*M. purpureus*、*M. ruber* の産生する毒素は、液内培養ではそれぞれ 270、340mg / l、固形培養ではそれぞれ 100、300mg / kg 乾重であった¹⁴⁾。

SANTERRE A L らは、*Monascus ruber* による赤色色素の最適生産のための流加培養法として、*Monascus ruber* 菌 ATCC96218 の生産する赤、黄、紅色の色素性ポリケチド混合物の生産条件を調べた。炭素源としてのグルコースは菌体生産に好適で、菌体量は 15g / l となった。エタノールは菌体量 7.5g / l と低かったが色素生産は高かった。エタノール

流加培養ではさらに色素生産が高くなり 3g / l を示した。赤色色素生産の O₂, CO₂ とエタノール濃度のオンライン測定に基づいて非測定変数を予測する関係式を導いた。エタノールとグルタミン酸ナトリウムを制御することによって流加培養の最適化を計った 5)。

BLANC P J らは、*Monascus purpureus* 及び *M.ruber* は液体培養で色素とシトリニンを生産した。両菌によるシトリニンの生成量はそれぞれ 240mg / l, 370mg / l であった。一方、米を基質とした固体培養では基質 1kg 当たりそれぞれ 100mg, 300mg のシトリニンを生産した 3)。

食品赤色色素として使用される *M.ruber*, *M.pilosus*, *M.purpureus* を各種培地と、深部培養又は固相培養の培養条件下でシトリニン(モナシジン A)の産生を検討した。*M.ruber* と *M.purpureus* が産生した。*M.purpureus* は深部培養で最大シトリニン 240mg / L を産生した。*M.ruber* のシトリニン産生は N 源を尿素又はメチオニンとした場合、色素産生と共に減少したが、グルタミン酸ナトリウムの場合増加した 3)。

PASTRANA L らは、先に、*Monascus ruber* を合成培地(エタノール+無機塩類)培養においてシトリニン産生を認めているが、その産生経過の速度論的解析を進めた。その結果、菌体増殖速度とエタノール消費速度が上昇期にある間は特有の赤色色素群を盛んに産生するが、それら両速度が下降に転じるとシトリニン産生が起こる事を報告している 4)

BLANC P J らは、*Monascus* の産生するシトリニン(モナシジン A) の性状について、*M.purpureus*, *M.ruber* が産生するモナシジン A について、生物学的性状に関する試験、質量分析、NMR 解析等の結果、種々の真菌の産生する腎毒素、シトリニンの性状を示すことを認めた。*M.purpureus*, *M.ruber* の産生する毒素は、液内培養ではそれぞれ 270, 340mg / l, 固形培養ではそれぞれ 100, 300mg / kg 乾重であった 4)。

2) 汚染

Monascus ruber 菌等による恒温・恒湿度条件下のトウモロコシ穀粒のコロニー形成について、WICKLOW D T らは、カリフォルニア州南部で収穫した皮つきトウモロコシを 10 ~ 40 °C, 4 段階の相対湿度で貯蔵し、発生する糸状菌を調べた。その結果、収穫前にもみられる *Acremonium zeae*, *Aspergillus flavus*, *Fuzarium moniliforme*, *Penicillium pinophilum* 等が認められた。*Eupenicillium cinnamopurpureum*, *Monascus ruber* は貯蔵条件下でのみ検出された。高湿度条件では、貯蔵温度に関わらず *Eurotium chevalieri* が 50 ~ 96 % も発生した。*E.chevalieri* が 33 % を超えて発生した穀粒サンプルでは *A.zeae*, *F.moniliforme* の発生が低下し、発芽率はゼロになった。30 ~ 40 °C かつ含水率 9.4 ~ 14.2 % では、穀粒の 50 % を超えて発生する糸状菌は認められなかった 3)。

3) 分析法

(1) 発酵液発色のオンライン

SANTERRE A L らは、*Monascus ruber* 発酵中に産生する赤色色素量の新測定法を考案した。人工光源下で網膜上の画像形成角度 100 の反射率を計測する方法からなる。バイオリアクタを用いた培養で産生した色素量測定には吸光分光分析計を従来使用してきたが、本法の反射率測定計として Datacolor ACS ICS 分光光度計をオンラインセンサとして使用し、好結果を得た 10)。

(2) 抽出法

HAJJAJ Hらは、糸状菌類 *Monascus ruber* からの代謝物質抽出法を比較した。液体窒素における菌糸培養滴下またはメタノール溶液上噴霧法はいずれも代謝中断に効果的であった。煮沸した緩衝化エタノールによる抽出法は代謝物質の分離と安定化に最も適していた。この方法によるとサンプル量が少量ですみ操作も簡便で、抽出後のエタノール蒸発により代謝物質を濃縮することができた²⁾。

4) 食品衛生

(1) 牛乳から *Monascus ruber* の検出

ENGEL Gらは、4か所の農場の貯乳タンクの乳試料に標題菌(I)が最高 14cfu / ml 検出され、Iを含む乳の試料数は夏より冬の方が高かった。単離した5株の温度感受性には大きな相異があり、82℃におけるD値は300秒以上から9.8秒の間にあった。またUHT乳とリンガー液でのD値に有意差は認められなかった。92℃、14秒の乳処理はIの発芽、増殖を完全に抑制しうる¹⁾。

(2) パン類におけるかび発生

SPICHER Gらは、蛋白質を多く含むパン(トーストパン等)の表面に赤～暗赤色の斑点が生ずることがあるが、この劣化はかびの一種 *Monascus ruber* の繁殖による。本菌の生育温度およびpHは15～45℃およびpH3～7で、相対湿度65%でも生育可能。プロピオン酸は、0.1～0.5%濃度では本菌の生育を殆んど阻止できない。ソルビン酸と酢酸は条件によっては有効であった¹⁾。

5) 生合成

(1) モナコリンKの生合成

ENDO Aらは、*Penicillium citrinum* NRRL - 8082 および *Monascus ruber* M - 4681 株における ML - 236B とモナコリンKの生合成を標識化合物の取り込み実験により検討。ML - 236B, モナコリンK共〔1 - 13C〕酢酸および〔2 - 13C〕酢酸をそれぞれ11個の炭素に交互に取り込みプロピオン酸の取り込みはなかった。また〔メチル - 13C〕メチオニンを用いた時 ML - 236B の C - 24位とモナコリンKの C - 19位と C - 24位に取り込みがあった。さらに〔1, 2 - 13C2〕酢酸を用いてモナコリンKの22個の炭素の直接的相関と酢酸の取り込み様式を明らかにした¹⁾。

(2) コレステロール生合成阻害

ENDO Aらは、*Monascus ruber* No.1005の培養液より2種類の新化合物モナコリンJ(C₁₉H₂₈O₄)およびL(C₁₉H₂₈O₃)を単離。両物質の1Hおよび13C-NMRスペクトルデータを既知物質であるモナコリンKのデータと比較することにより構造を解明。ラット肝ミクロソームの3-ヒドロキシ-3-メチルグルタリルコエンザイムAレダクターゼ(コレステロール生合成の律速酵素)に対する50%阻害濃度(I50 μg / ml)はJ:1.2, L:0.94, K:0.38, コンパクチン:0.69であった¹⁾。*Monascus ruber* M82121の培養液より2

種類の新化合物ジヒドロモナコリン L およびモナコリン X を単離。両化合物の物理化学的データを既知のコレステロール生合成の強力な阻害剤であるモナコリン K のデータと比較することによりそれぞれの構造を決定。in vitro における 3 - ヒドロキシ - 3 - メチルグルタリル C. A レダクターゼに対する 50 % 阻害濃度は L で 4.1 μ M, X で 2.1 μ M であった。また非けん化性脂質への [14C] 酢酸の取り込みの 50 % 阻害必要濃度は L:66nM, X:61nM であった 20)。Monascus ruber 株の培養液からモナコリン K (メビノリン) に構造類似の新規コレステロール生合成選択阻害剤, モナコリン M を単離した。構造はモナコリン J の β - ヒドロキシブチルエステルであること, その阻害効果を β - ヒドロ - β - メチルグルタリル - CoA レダクターゼで調べた結果, モナコリン K にやや劣ることが明らかとなった¹³¹⁾。

(3) グルコシダーゼ酵素阻害剤

YANG S - J らは, Monascus ruber (ベニコウジカビ) の α - グルコシダーゼはコンドリトール B (3, 5 / 4, 6 - テトラヒドロキシシクロヘキセン) エポキシドによって不可逆的に阻害され, 阻害の様式は反応時間, 阻害剤濃度に対して一次反応である。基質であるマルトースの存在下では阻害されない。本酵素の Vmax と pH との関係から pK が 4.1 と 5.8 の基が酵素基質複合体の形成に関与すると推定。化学修飾の結果から活性部位にはカルボキシル基が存在すると結論した¹³⁶⁾。

6) 培養

PASTRANA L らは, グルコースまたはエタノールを炭素源とした回分培養を行い, ブラックボックスモデル (I) を使ってバイオマスとリンゴ酸生成における変数を予測した。ブラックボックスモデルによる予更は可能ではあったが, 物質収支モデルの方が, ブラックボックスモデルより少ない分析情報量で, かつ実測値と計算予測値の良い相関を示した⁶⁾。

7) 食品への利用

FABRE C E らは, 炭素源および窒素源としてエタノール, グルタミン酸を用いる Monascus ruber の液体培養により分泌する赤色色素の性質について検討した。抽出色素の安定性は, 溶液と肉製品で評価した。ソーセージまたはパテに加えた色素は, 4 $^{\circ}$ C で 3 ヶ月貯蔵した時安定であった。官能検査の結果, Monascus 色素は, 亜硝酸塩またはコチニール色素のような伝統的な食品添加物に置き換えることができることがわかった¹¹⁾。

8. *Monascus rubiginosus*

1) 二次代謝産物

(1) グルコアミラーゼ E3 と E4

YANG S らは、*M. rubiginosus* Sato からのグルコアミラーゼ E3 と E4 の立体配座を追及。UV 示差スペクトルや円偏光二色性スペクトルの分析により、トリプトファン残基のフラクシオンを同定し、また化学修飾や阻害剤の影響を調べて、E3 と E4 の立体配座を明らかにした¹⁷⁾。

GE S - G らは、ベニコウジカビ *Monascus rubiginosus* 由来のグルコアミラーゼ(E)は Page 法で多形(E1 ~ E5)で存在する事が知られている。主要形である E3 と E4 は 7 及び 9 %マンノースを含む糖蛋白質で、糖とペプチド鎖は O - 及び N - グリコシド結合している。E3 と E4 からエンド - β - N - アセチルグルコサミニダーゼ H、エンド - β - N - アセチルグルコサミニダーゼ D 等各種グリコシダーゼで糖部分を分離して、Page 法で分析した。N - グリコシル化の程度が E の多形間の立体配座差をもたらすと考えた⁹³⁾。

ZHANG S らは、*Monascus rubiginosus* 由来グルコアミラーゼの二つの型(E3 と E4)間の立体配座の相違を、重要なトリプトファン残基の N - プロモスクシンイミド修飾されやすさの差によって明らかにし、UV 差スペクトルと CD によって確かめた。エンドグリコシダーゼ H で二つの型を処理し、差スペクトルは N - グリコシル化によって起こったことを示した⁷⁹⁾。

DONG Z Y らは、*Monascus rubiginosus* 菌グルコアミラーゼの主成分、E4(糖含有量:9 %)の天然糖型及び N - 脱糖鎖型 E' 4 を比較して N - 糖鎖形成の影響を検討した。エンド - N - アセチルグルコサミニダーゼ H 処理で天然糖型の含有糖量の 72 %を除去した N - 脱糖鎖型 E' 4 は活性に変化を認めなかったが、熱安定性を低下した。N - 脱糖鎖型 E' 4 (の遠紫外 CD スペクトルは天然糖型より高い分子楕円率を示した。天然糖型及び N - 脱糖鎖型 E' 4 (の α - ヘリックス含量が各々 14.5 及び 18.9 であったことは N - 脱糖鎖型 E' 4 (が処理密度の高い立体配座であることを示した。天然糖型及び N - 脱糖鎖型 E' 4 (のトリプトファン残基に基づく蛍光発光スペクトルは同一(335nm)であったが、N - 脱糖鎖型 E' 4 (が天然糖型に比べて強いことは N - 結合少糖類の除去による疎水性中心へのトリプトファンの移動を示唆した。以上の結果はグルコアミラーゼの他の成分でも同一であることを確認した⁷⁹⁾。

9.紅麹菌

1)二次代謝産物

(1)リボヌクレアーゼ

YASUDA Mらは、紅麹菌の核酸代謝に関する基礎的知見を得るために、同麹菌の生産するリボヌクレアーゼを精製し、電気泳動的に均一な標品を得た。精製酵素の分子量は2.6～3.0万であった。本酵素は5.0%の中性糖を含む糖タンパク質であった。本酵素はポリアデニル酸によく作用したが、ポリウリジル酸には中程度の作用しか示さなかった。本酵素の反応最適pHは4.2、最適温度は55℃であった¹¹⁾。

(2)グルコアミラーゼ

YASUDA Mらは、紅麹から粗酵素液を抽出し、各種イオン交換クロマトグラフィー等で行った。グルコアミラーゼIとグルコアミラーゼIIの精製標品はディスク電気泳動法等で均一であった。両酵素の分子量、最適pHは前者で52KD, 4.5, 後者で51KD, 4.8であった。いずれも糖蛋白質であり、13.5%, 9.4%の糖を含んでいた。両酵素反応はAgNO₃, KMnO₄で著しく阻害されたが、EDTA, Mg²⁺等では影響なかった¹²⁾。

(3)小麦紅麹からの血圧降下成分の抽出

辻啓介らは、小麦紅麹の血圧降下作用を幅広い食品に利用するために、有効成分の抽出方法と性質を検討した。エタノール抽出した後、酢酸エチル, n-ブタノールで脂溶成分を除去した水抽出物A, 熱水で抽出した抽出物B, 小麦紅麹をアセトン浸漬したのち熱水で抽出した抽出物Cを紅麹換算で0.1%飼料に添加して、SHRに15日間摂食させた。その結果、全て同じレベルの血圧降下がみられた。また、小麦粉のみから成る液体培地で培養した培養物にも降圧作用が認められた。これらの結果から、次の点が示された。(1)紅麹の有効成分は、熱水で容易に抽出される。(2)作用物質は、水, エタノールに可溶, n-ブタノール, 酢酸エチルに不溶である。(3)液体培養物にも降圧作用がある。また、その強さは、菌体量(グルコサミン含量)と平行であると推定される¹³⁾。

(4)降圧物質の単離および同定

KOHAMA Yらは、*Monascus pilosus* 感染米(紅麹)をエタノールで抽出し、Amberlite CG-120カラムクロマトグラフィーおよびHPLCで分画、精製した。各分画を自然発症高血圧ラットに静注した結果、A-3分画とB-1分画に降圧作用を認めた。前者は塩化アセチルコリン、後者はγ-アミノ酪酸であった¹⁴⁾。

(5)大豆蛋白質分解酵素

YASUDA Mらは、紅麹菌における大豆蛋白質分解活性の高い菌株のスクリーニングを行った結果、標記菌株を選抜した。大豆蛋白質分解酵素を生産するための最適培養条件は、脱脂大豆粉(0.75%)及びしょ糖(8%)を含む液体培地(pH3.5)で、30℃, 72時間振とう培養することであった。本酵素の反応最適pHは3.2で、反応最適温度は50℃であった¹⁵⁾。

(6) 酸性プロテイナーゼ

YASUDA Mらは、豆腐のような熟成過程における紅麹菌 (*Monascus anka*) の酸性プロテイナーゼの役割を明らかにするために、精製酵素を用いて酵素活性に及ぼすエタノール濃度の影響、大豆蛋白質の分解様式について調べた。本酵素活性は反応液中のエタノール濃度の増加に伴い低下した。本酵素による大豆蛋白質の分解様式について SDS - Page 法により調べたところ、電気泳動パターンは、豆腐ようとよく一致した¹²³⁾。

YASUDA Mらは、発酵食品を開発するため紅麹中のプロテイナーゼ (I) 活性の高い菌株を選抜した。I の最適 pH は 2.5, 最適温度は 50 °C, 熱安定性は 55 °C であった。ヒトヘモグロビン、牛乳カゼイン、ウシ血清アルブミン、大豆蛋白質によく作用し、 β -ラクトグロブリン、ゼラチンには全く作用しなかった。I の反応はペプスタチンにより顕著に阻害された¹⁰⁰⁾。

(7) グルコアミラーゼ

YASUDA Mらは、紅麹から粗酵素液を抽出し、各種イオン交換クロマトグラフィー等で行った。グルコアミラーゼ I とグルコアミラーゼ II の精製標品はディスク電気泳動法等で均一であった。両酵素の分子量、至適 pH は前者で 52KD, 4.5, 後者で 51KD, 4.8 であった。いずれも糖蛋白質であり、13.5 %, 9.4 % の糖を含んでいた。両酵素反応は AgNO₃, KMnO₄ で著しく阻害されたが、EDTA, Mg²⁺ 等では影響なかった¹²⁴⁾。

(8) *Monascus* 菌とその変異株の産生する有機酸組成

月岡本らは、*Monascus* 菌 (紅麹菌) による清酒製造の適否を検討するため標記の研究を行った。供試菌はいずれも色素及び有機酸生産力に優れた性質を有する。変異株 (UN5504 - 4) は親株の 21 倍の色素生産力を有し、さわやかな酸味を生じるりんご酸や清酒の旨味成分であるこはく酸の生産力も高いので清酒製造に充分利用可能¹²⁵⁾。

2) 生物学的影響

(1) 抗高血圧症作用

紅麹の抽出物と色素が高血圧自然発症ラットの血圧、ミネラル出納、コレステロール代謝に与える影響について、辻啓介らは、高血圧自然発症ラット (SHR) において 2 種の紅麹菌 [*Monascus pilosus* (MP), *M.ankar* (MA)] の麹抽出物と MA の産生色素 (MAP) が血圧、各種陽イオンの出納、血しょうコレステロールレベルのどのような変化を及ぼすかを比較検討した。1) 対照群のラットの血圧は急激に上昇したが、紅麹抽出物は検討した 2 菌種では紅麹換算で 0.03 % 相当の添加により、いずれも SHR の血圧上昇を飼育 10 日目あるいは 15 日目で有意に抑制した。MAP はそのような効果は示さなかった。2) 血しょうの Na / K 比は MP と MA 両群で低下した。血圧と Na / K 比との相関が得られた。しかし、ミネラルバランスには有意差がなかった。3) 1 % MAP 群ではミネラル (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe) の糞中排せつ量が増えたが、0.1 % ではそのような現象は認められなかった。4) 血しょう総コレステロール値は紅麹 2 種と色素添加により低下した。以上、紅麹抽出物は SHR の血圧、血しょうコレステロールレベルを改善し、そのメカニズムの一端は、尿中 Na 量の排せつ増加に伴う血中 Na / K 比の改善によるものと推定した¹⁰³⁾。

(2) Ames 試験

複素環アミンの変異誘発性に及ぼす *Monascus* 属由来の食用着色料の抑制効果について、IZAWA Sらは、らは、*Monascus anka* 及び *M.purpureus* (紅麴) から抽出した赤色及び黄色色素とラッカイン酸は、Ames 試験において、3 - ヒドロキシアミノ - 1 - メチル - 5H - ピリド [4, 3 - b] インドール [Trp - P - 2(NHOH)] の変異誘発性を阻害した。紅麴の両色素は2 - アミノ - 3 - メチルイミダゾ [4, 5 - f] キノリン、2 - アミノ - 3, 4ジメチルイミダゾ [4, 5 - f] キノリン及び調理 - 肉抽出液の変異誘発性を阻害した。また、紅麴色素による変異誘発性の阻害は Trp - P - 2(NHOH) の分解によると示唆した³⁾。

(3) コレステロール低下効果

NAKAJIMA Nらは、数種の *Monascus* 属が血しょう中コレステロール濃度を低下する3 - ヒドロキシ - 3 - メチルグルタリル補酵素 A レダクターゼ阻害剤であるロバスタチンを生産する。そこで血しょう中コレステロール濃度が比較的高めのヒトについて、紅麴のコレステロール低下作用を調べた。15人の被験者に6～8週間1日1gの紅麴を与えた。6人の被験者では適度な応答が見られなかった。残り9名の被験者では全及びLDLコレステロール濃度が10%以上低下した。試験期間中に有害な影響は観察されなかった⁴⁾。

(4) 紅麴抽出物が本態性高血圧者の血圧に及ぼす影響

井上清らは、蒸煮米に *Monascus pilosus* を植菌して得た紅麴抽出物を本態性高血圧者に摂取させ、血圧および血液生化学的指標、臨床病態への影響を調べた。2週間および1カ月間の摂取試験では紅麴27g/日相当のエキスを摂取した場合に血圧が有意に低下した。また、6カ月間の摂取試験では紅麴9g/日の摂取で血圧降下と血清コレステロール低下作用を認めた。その他の臨床検査値には有意な変動はなかった⁵⁾。

(5) 紅麴食品が高血圧自然発症ラットの血圧に及ぼす影響

辻啓介は、紅麴を用いてパン、味噌、醤油、素麺の4種の食品を製造した。これらを半合成飼料に添加し、高血圧自然発症ラット(SHR)に15日間与え、血圧に及ぼす影響を検討し、以下の結果を得た。(1)材料に対し5%の割合で紅麴を用いた紅麴食パンの乾燥粉末は、SHRの血圧上昇を抑えさせた。(2)麴使用量の約4分の1を紅麴にして醸造した紅麴味噌の噴霧乾燥物は、対照の味噌粉末がSHRの血圧を上げたのに対し、上昇を抑制した。(3)麴使用量の4分の1を紅麴にして製造した紅麴醤油の噴霧乾燥物は、SHRの血圧を低下させた。しかし、脂質代謝に対しては影響を与えなかった。(4)素麺の原料である中力粉に対し紅麴を3%添加して製造した紅麴素麺は降圧作用を有したが、2分50秒の湯通しを行うとその効果は半減した。これは、水溶性である降圧成分が湯通しにより溶出したためと考えられる⁶⁾。

(6) 紅麴菌体量が高血圧自然発症ラットの血圧降下に及ぼす影響

辻啓介らは、紅麴の降圧作用物質と作用機序を解明する研究の一環として、菌体量 [グルコサミン(Glc - NH₂)含量] に着目し降圧効果との関係を調べた。実験1では、Glc - NH₂含量が6.6～11.3mg/gの各種紅麴を飼料に0.3%添加して高血圧自然発症ラット

(SHR)に与えたところ、Glc - NH₂ 含量の多い麴ほど降圧効果が強い傾向が認められた。次に、実験 II では Glc - NH₂ 含量が 3.9 ~ 15.7mg / g と異なる麴を、それぞれ Glc - NH₂ 量が等しくなるような割合で飼料に添加し、SHR に与えたところ、すべての麴群でほぼ同程度の血圧降下がみられた。これらの結果から、紅麴の降圧作用と Glc - NH₂ 含量がほぼ正比例の関係にあり、紅麴の Glc - NH₂ 含量を測定することにより、降圧効果を推定できることが明らかとなった。また、紅麴の降圧効果は 121 °C 20 分の加熱により多少弱くなる傾向が見られたが、90 °C 20 分では全く変化がなかった。一方、加熱処理により血清総コレステロール値の低下効果が観察された¹¹³⁾。

食塩が 1 % 含む半合成飼料に、黄麴 (*Aspergillus oryzae*) または紅麴 (*Monascus pilosus*) を添加し、高血圧自然発症ラットに 3 週間与え、血圧とミネラル代謝に及ぼす影響を調べた。各麴を 10 % 添加すると両麴ともに血圧降下作用を示した。特に、紅麴群では 29mmHg もの低下を生じた。血圧に関与するミネラルの出納にはあまり変化はなかった¹¹⁴⁾。

(7) 紅麴の血圧調節作用

辻啓介らは、食品素材の一つである黄麴 (I) と紅麴 (II) を食塩負荷条件下で高血圧自然発症ラットに与え血圧に対する作用を調べた結果について解説した。I 投与区で有意に血圧は低下し、II 区ではさらに著しく低下した。II の降圧成分の主は γ - アミノ酪酸と考えられており、*Monascus anka* から抽出された色素も降圧作用を示した。II 食品の開発とその降圧作用についても解説した¹¹⁵⁾。

(8) 紅麴抽出物と γ - アミノ酪酸の高血圧自然発症ラットにおける血圧降下作用

辻啓介らは、紅麴の降圧成分をエタノールで抽出後、酢酸エチル、n - ブタノール、水のいずれかで分画を行い、それぞれの抽出物を標記ラットに摂取させた結果、降圧効果は水抽出物のみ認められた。また、 γ - アミノ酪酸を標記ラットに摂取させた時の降圧作用や、静脈注射による紅麴抽出物と γ - アミノ酪酸の降圧作用も実験し、良好な結果が得られた¹¹⁶⁾。

3) 培養

(1) 液体培養

森明彦らは、紅麴菌を振とう培養及び液体表面培養し、グルコース濃度及び酵母エキス濃度が抗菌性物質の生産に及ぼす影響を調べた。両培養方法ともグルコース濃度 7.5 %、酵母エキス濃度 0.8 % の時に抗菌性物質の生産が最大となった。振とう培養と液体表面培養の比較では液体表面培養の方が抗菌性物質の生産効率が高く、有利な事が分かった¹¹⁷⁾。

(2) 変種株

広井忠夫は、変異誘導した紅麴菌 (*Monascus anka*) 変異株を用いた紅麴及びそのエタノール抽出色素について、食品衛生的及び栄養学的検討、4 種のアフラトキシンは存在せず、微生物に対する変異誘導性はなく、コレステロール合成阻害物質を生産せず、食品衛生的安全性を認めた。紅麴による中国酒は退色した酒を最良とするが、産生する赤色素そのものの食品への利用を種々行った¹¹⁸⁾。

4) 食品への利用

(1) 低アルコール酒の開発

桑原秀明らは、糸状菌のアルコール発酵能を調べた後、*Monascus* 属糸状菌(紅麹菌)を用い全く新しいタイプの低アルコール酒の開発と、酒造米の精白で副生する米粉(米糠)をアルコール発酵原料としての利用を検討した。対流型リアクタに紅麹菌糸ペレットを充填し、米粉糖化液の遠心上清液を供給しながら、通気連続運転を行った。その結果、約 10 日間にわたりエタノール濃度 6 %以上の発酵液を得た²⁸⁾。3 属 13 種の糸状菌を酒米精白の特上米粉糖化液で培養しエタノール生成量を比較した研究を解説した。紅麹菌において高いアルコール発酵能が認められた。さらに、紅麹発酵液の諸性質から *Monascus anka* がアルコール飲料開発に適していることが示された。酒質は 25 ~ 30 °C 発酵が良好で、汲水に米粉糖化液を利用するとより多量の発酵液が得られた²⁹⁾。

(2) 酒類

広井忠夫は、変異誘導した紅麹菌(*Monascus anka*)変異株を用いた紅麹及びそのエタノール抽出色素について、4 種のアフラトキシンは存在せず、微生物に対する変異誘導性はなく、コレステロール合成阻害物質を生産せず、食品衛生学的安全性を認めた。紅麹による中国酒は退色した酒を最良とするが、産生する赤色素そのものの食品への利用を種々行った³⁵⁾。台湾紅かく(アンカ)中より分離した菌(*Monascus anka*)を親株とする色素高生産変異菌を用いて、紅麹の大量生産条件を明らかにした。産生する色素の構造を同定し、食品に利用するための理化学的性質を示した。また、生産色素の安全性を確認するためアフラトキシン、微生物に対する変異原性、コレステロール合成阻害性の有無を検討し、食品への利用方法について検討した³⁶⁾。

月岡本は、*Monascus anka* 菌の産生する鮮やかな赤色素を清酒に加えた「あかい酒」における、紅麹のカビ臭の改良と色素生産性の向上を目的に研究した。*Monascus anka* IFO 4478 が最も高い色素生産性を示した。次に、IFO 4478 の中から親株の 21 倍の色素生産を示す変異株 UN 5504 - 4 (I)を得た。I を使用し二度麹法による紅麹を製造した。色素の生産性は紅麹に比べて二度麹の方が高かった。二度麹法によって製造した紅麹を用いた清酒は紅麹臭を少なくすることができた³⁷⁾。

(3) 減塩醤油の保存性向上

荒木淳らは、紅麹菌の抗菌性を利用して減塩醤油汚染微生物の増殖を抑制し、アルコール添加量を低減することを検討した。紅麹菌 34 株から産膜酵母と耐塩性乳酸菌に抗菌性を示す *Monascus* sp. ATCC16775 を選択した。抗産膜酵母活性成分はモノコリン K(メビノリン)の酸型であると同定した。紅麹抽出液 10 %の添加によりアルコールを 3.5 %に低減しても、同 5.5 %減塩醤油と同等の保存性を示した⁷³⁾。

4) 紅麹(紅曲)の味噌・醤油などへの利用

伊藤寛は、紅曲の歴史、紅麹菌の分離源、紅麹菌の分離培養、紅麹菌の種類と性質、紅曲製造の要点(原料処理、製麹)、種麹醬によるスタータの製造などについて述べた。また、紅曲の製造(中国の土紅曲、米の高圧原料処理による土紅曲、噴霧による温湿度の段階的

制御の製麹), 紅曲を用いた色素, 味噌, 醤油への利用及び乳腐, 豆腐のような製造などについて”

(5) 紅麹の各種調味料への応用

玉田英明は、半子囊菌科の *Monascus* 属の紅麹を日本で工業的に製造するようになったのは、1970年代に天然色素を得るためであった。紅麹独特の色調, 風味を有する乳腐, 清酒, 焼豚, パンなどの食品が既に商品化されている。*M.pilosus* からの紅麹を利用した食酢, 醤油, 味噌の発酵調味料への応用について, 製造工程, 開発した商品の特征および用途などを説明¹³⁶⁾。

5) 総説等

(1) 紅麹の機能性と食品への利用

姫野国夫は、紅麹の健康機能, 特に血圧調節に効果があるとされ, 岡山県紅麹応用研究会とグンゼ(株)食品センターが提携して紅麹の食品への利用と取り組んでいる概況を紹介した。紅麹菌は *Monascus* に属する。紅麹は漢方薬として用いられ, その血圧降下作用に関する試験例を紹介した。紅麹は繁殖力が弱いので汚染されやすく清浄な製麹法等を解説した。応用として味噌, 醤油, 清酒, 豆腐その他への利用と留意点を述べた⁷⁹⁾。

(2) 紅麹素材の開発と利用

樽井庄一は、紅麹の機能性について述べ、降血圧効果, 癌の予防効果, コレステロールの生合成の抑制といった作用について解説した。特に、降血圧効果については、高血圧自然発症ラットを用いた実験や降圧物質の検討も行った。また、紅麹の食品利用として、米, パン, 菓子への応用を説明し、特定保健用食品としての利用へ向けて、今後の開発の方向性を示唆した¹⁰⁶⁾。

平川陽一は、漢方薬として広く利用されてきた紅麹菌について解説した。標題について、以下の項目を述べた。1) 麹とは、2) 紅麹について、3) 紅麹の機能性、4) 紅麹の降血圧効果、5) 加工食品への利用。その他、生紅麹, 乾燥(失活)粒状紅麹, 乾燥(失活)粉末紅麹の応用例についても述べた⁸⁹⁾。

(3) 紅麹菌の機能性と利用

村川茂雄は、古来より醸造原料や食品類の着色及び保存剤として利用され、また中国大陸では重要な漢方薬として珍重されていた紅麹(*Monascus* 属)の培養液から、近年、コレステロール合成阻害剤モナコリン K が発見され、その機能性食品素材としての応用開発が盛んになっている。*Monascus* 属の分類, 性質, 利用, 及びその産生する生理活性物質について概説した¹⁰⁹⁾。

(4) パン・菓子への機能性素材の応用 パン・菓子への紅麹の利用法とそのメリット

樽井庄一らは、紅麹(*Monascus* 属)とは、米に紅麹菌を繁殖させた紅色を呈する麹であることを述べ、中国南部・台湾・沖縄での醸造・着色・着香料としての利用を説明した。また、紅麹の機能性として、防腐効果, コレステロール生成抑制, 降血圧効果を述べた。

特に、降血圧効果について、動物実験・臨床実験での有効性を解説し、パン・菓子への利用を検討した⁹⁸⁾。

(5) 加工食品

加工食品へのモナスカスの利用について、鈴木秀昭は、*Monascus anka*, *M.purpureus*, *M.barkeri* などによるモナスカス色素の一般的性質を述べ、耐熱性・染着性にすぐれ、発酵法で安定供給できる天然色素として、カニ足様カマボコを主に水産加工・畜肉加工・菓子等への利用、耐酸・耐塩性モナスカス色素の開発による醤油・醤油関連食品(たれ・つゆ、米菓、水産関連食品)への応用について、さらに紅麴の加工食品への応用に関する特許を紹介している⁹⁹⁾。

(6) 分類、菌学的性質、工業的培養法

布谷昭らは、を説明。利用法は色素が *Monascus anka* を用い液体培養で生産。色調は数種、色素成分は6種判明。水産加工で主に使用。食品では防腐効果に着目し味噌、乳腐、清酒等を製造販売。毒性、変異原性試験の結果を紹介、安全性を確認。紅麴の生理活性物質は防腐作用、コレステロール合成阻害剤や血糖値抑制物質として注目されることなどを解説⁹⁹⁾。

(7) 抗菌物質生産の動特性

森明彦は、「食品加工技術の話題 紅麴菌による食品用抗菌物質生産の動特性」紅麴 (*Monascus* 属の作る麴)は深紅色の色素と共に抗菌物質を生産し、保存剤としての効果がある。食品色素生産菌 *M.anka* の抗菌物質生産の動特性に関する知見を紹介し、特に培養条件として、振とう培養と液体表面培養の違い、培地濃度の違いに注目し、それらが菌体、抗菌活性の収量、生産速度に及ぼす影響につき述べた。生産物質は複数で、脂溶性物質はルプロパンクタチンが主成分であると紹介⁹⁹⁾。

(8) 起源および分類

LEISTNER L は、*Angkak* の生理学および栄養学的意義 (OT Die ernährungsphysiologische Bedeutung von *Angkak*) *Angkak* (紅麴)の作用と起源および分類学上の性質について、日本、中国、USA、台湾、韓国、タイ、ドイツなどで出版されたデータおよび食肉研究所での実験について解説し、*Monascus purpureus* で発酵した米が赤かび米と呼ばれ、紅麴または *Angkak* と呼ばれる物である。20%の米粉での *Monascus purpureus* DSM 1379 の培養で赤色を示した。毒性、生理学的作用、色調への影響、保存性などについて述べている⁹⁹⁾。

(9) 紅麴色素の技術動向

夕田光治は、紅麴色素の基原、製法、本質を一覧に示した。紅麴色素は蛋白質への染着性が良く水産加工品に利用されている。また紅麴菌の発酵生産技術、製剤化技術、褐色防止技術、抗菌特性や紅麴黄色素について解説した¹⁰⁰⁾。

10. *Monascus* 属

1) 分析

(1) 赤貝に不正使用された合成着色料およびモナスカス色素の同定

吉田政晴らは、生鮮魚介類などに使用することが禁止されている標記色素について分析法を検討した。色素の同定はセルロースとシリカゲルの薄層クロマトグラフィーの Rf 値、HPLC の可視、蛍光両検出器に現れるピーク、吸光分光分析及びモナスカス色素の特異反応を用い総合的に判断した。本方法による市販むきみ赤貝の使用実態調査の結果、赤色 - 102 号、モナスカス色素等の不正使用が認められた³³⁾。

(2) 市販 *Monascus* 色素中の D - アミノ酸単位含有主要色素の同定

SATO K らは、市販 *Monascus* 色素から 8 種の主要成分をカラムクロマトグラフィーで分離し、¹H および ¹³C - NMR, LC - MS 及び半合成により分子構造を決定した。主要成分はオレンジ色の色素モナスコルブリンとルブロプンクタチンのアラニンまたはアスパラギン酸誘導体で、これらのアミノ酸は L 型と D 型を含む天然着色料であった³⁴⁾。

2) 培養

(1) 水溶性赤色色素の生産に与える窒素源としての硝酸アンモニウムの抑制的効果

LIN T F らは、色素の生産用培地の N 源として用いられてきた NH₄NO₃ は水溶性赤色色素の生成を抑制し、水溶性赤色色素は細胞に吸着されることを見出した。NH₄NO₃ は標記色素合成酵素の生成阻害や同酵素の分解を促進することはないが、酵素作用をやや抑制した。また、水溶性赤色色素が細胞に吸着されても、新たな水溶性赤色色素の合成には影響を与えなかった³⁵⁾。

(2) 固体培養法によるモナスカス色素の生産

LEE Y - K らは、炭素源として 50g / l のタピオカ澱粉での *Monascus* の単純な回分培養で、乾燥菌体重量は 8g / l に達した。培養開始後 40 時間目に菌体の増殖が停止してからポリケタイド色素の生産が始まり、OD が 31 (500nm), 26.5 (400nm) に達した。400g / l のゼラチン化した澱粉ケーキを用いた 2 段階(液 - 固)回分培養で、菌体量は 37.5g / l、色素濃度は 145 (400, 500nm) に達した³⁶⁾。

(3) 流加培養

LEE Y K らは、合成培地を用いた *Monascus* 菌に属する高色素生産変異株の通気攪はん培養を行った。窒素源(グルタミン酸ナトリウム、蛋白質)を制限した培地による流加培養が色素生産に適していた。窒素源の種類により黄色と赤色の色素の生成割合、細胞からの色素の漏出の程度が変動した。色素は中性以上の pH 域で耐熱性を示し、蛍光下でわずかず分解した³⁷⁾。

(4) 変異株の深部培養による黄色色素の生産

YONGSMITH B らは、親株が生産する赤色色素(λ max420 と 500nm)とは異なる黄色色素(λ max370nm)を著量生産する能力を持った *Monascus* の変異株を分離した。キャッ

サバ澱粉 3 %，大豆粉 5 %の組成の培地を用いて，培養温度 28 °C，回転数 300rpm で培養した時に最も高い黄色色素の蓄積量と澱粉分解活性を示した。これらは以前報告した値の 10 倍であった⁹¹⁾。

(5) 水溶性赤色色素生産におけるロイシン妨害

LIN T Fらは、ロイシン、バリン、リジン及びメチオニンは標題色素生産を低下させる。ロイシンを単一窒素源とした時，ロイシン由来の従来色素より親水性の菌体外新色素が生産された。ロイシンによる色素シンターゼ抑制や色素シンターゼ活性阻害あるいはフィードバック制御による生産低下ではなく，ロイシンが色素シンターゼの崩壊助長を引き起こしたためであり，その誘導メカニズムは不明である⁹⁶⁾。

(6) 赤色色素の生成に及ぼす *Monascus sp.* の栄養条件の影響

LIN T Fらは、*Monascus* 菌の一株を 4 %グルコースを含む無機培地で培養する際，窒素源としてグルタミン酸 - 1 - ナトリウムを加えると，赤色色素の生産が促進し，炭素源や培地の pH も影響した。5 %マルトース，75mM グルタミン酸 - 1 - ナトリウム及び少量の無機塩からなる培地では色素生産量は 10 倍に増加し，色素の存在様式は細胞結合型から細胞外分泌に変わった¹⁰⁹⁾。

(7) プラスチック袋における *ang - kak* の発酵

LOTONG Nらは、*Monascus sp.* NP1 を用いたプラスチック袋中での *ang - kak* (I) 製造方法について調べた。発酵は水分量に影響を受け，水分量が低い時に良く発酵がおこった。水分の増加に伴いグルコアミラーゼ活性が増加し，色素沈着も阻害された。水分量と糖濃度が I 製造における制御因子であることを示唆した¹²²⁾。

(8) 菌株の収集，保存

沖縄周辺を中心に東南アジアを含む亜熱帯地域の微生物資源の調査結果と，設立された沖縄型カルチャーコレクションの機能及び菌株の収集，保存⁶⁸⁾。

3) 食品製造

(1) 豆腐ようの製造

安田正昭らは、紅こうじ菌の生産する色素の生産条件，抽出条件及び諸性質を検討した。色素生産性はうるち米を加圧蒸煮して製きくする方法が優れた。エタノール (I) を抽出溶媒とすると，80 %溶液で約 2 時間の抽出が最大の効果を示した。本色素は pH 安定性と熱安定性が良く，たんぱく質に対する染着性が極めて良好で，水溶性色素で極めて高い¹³⁴⁾。

4) 食品衛生

(1) 食肉製品中の *Monascus* 色素の検出

HENNING W、米とこうじからの発酵製品である Red rice または *Ang - Khak* 由来の *Monascus* 色素の検出法について調べた。サンプルとして 100 ~ 400mg の *Ang - Khak* / kg を含むソーセージを製造し，メタノール:アンモニア水 (98:2) で抽出した。検出は薄層

クロマトを用い、Ang - Khak 色素と他の赤色色素が区別でき、定量は UV366nm で測定できた¹¹⁰⁾。

(2) アカウオに使用された赤色 102 号およびモナスカス色素の確認

吉田政晴らは、昭和 62 年～平成 2 年に実施したアカウオ 71 検体の色素使用実態調査の違反事例 2 件から赤色 102 号(I)とモナスカス(II)色素について、分析法を検討し、同定した。I はセルロース TLC の Rf 値、分光光度計の吸収パターン、UV 吸収による色調から同定した。II はセルロース TLC およびシリカゲル TLC の Rf 値、分光光度計による吸収パターン、II の特異反応(アンモニアとアセトン混液中加温による緑色蛍光の観察)により同定した¹¹¹⁾。

(3) 鮮魚に使用されたモナスカス色素の確認

高槻圭悟らは、鮮魚の表皮に着色されたモナスカス色素の確認法を開発した。魚体そのままを室温で 30 分間メタノールに浸漬することによる表皮からの抽出を 1 回行い、抽出液またはその濃縮液の可視部吸収スペクトル、アンモニア水-アセトン反応による緑色蛍光、薄層クロマトグラフィーなどにより、モナスカス色素の存在を推定した。さらに抽出液をジクロロメタン-水に分配した後ジクロロメタン層を濃縮し、高速液体クロマトグラフィーによる可視部・蛍光両検出器に現れる顕著なピークを調べることや、ガスクロマトグラフィー・質量分析法を用いてモナスカス色素に含まれる成分のマスマスペクトルを得ることなどにより、モナスカス色素を識別、確認することができた¹¹²⁾。

5) 生物学的影響

(1) ラッカイン酸とベニコウジかび色素による培養ラット胎児肝細胞での γ -グルタミルトランスぺプチダーゼとグルタチオン S - トランスフェラーゼの誘導

SAKO Fらは、8 種の食品添加用色素の細胞毒性について検討した。そのうち、ラッカイン酸とベニコウジかび色素は培養ラット胎児肝細胞に毒性を示した。ラッカイン酸は γ -グルタミルトランスぺプチダーゼ活性を上昇させ、ベニコウジかび色素は γ -グルタミルトランスぺプチダーゼ活性とグルタチオン S - トランスフェラーゼ活性を共に上昇させた。これら活性上昇はアクチノマイシン D やシクロヘキシイミドで阻害された¹¹³⁾。

6) 総説

(1) 最近の紅麹色素

夕田光治は、紅麹色素・クチナシ色素の基原、製法、本質を一覧に示した。紅麹色素は蛋白質への染着性が良く水産加工品に利用されている。また紅麹菌の発酵生産技術、製剤化技術、褐色防止技術、抗菌特性や紅麹黄色素について解説した。クチナシ黄色素は染着性に優れ、和菓子、餅、麺などに利用されており、色素精製技術、クロセチン、色素安定化技術を解説。クチナシ青色素とクチナシ赤色素を概説¹¹⁴⁾。

(2) 食用色素の新知見とその活用 微生物生産色素の最近の研究動向 モナスカス色素を中心として

室井孝司は、モナスカス菌の工業生産と菌体利用の概要を紹介。生産する色素は 10 種以上うち 6 種の構造が判明。アミノ基と結合し水溶性の赤色色素となるが、培養条件により色素と収量を改善可能。利点は蛋白質食品に対する染色性、熱安定性で、だいたい色ないし赤色の色合い。pH2 ~ 10 で安定、光による影響を受ける。モナスカス以外についても紹介。菌体自身の安全性証明が必要¹³⁹⁾。

(3) 紅こうじと紅こうじ菌をめぐる歴史と最近の動向

遠藤章は、1) *Monascus* 属と紅こうじ菌、2) 紅こうじの製造、3) 紅こうじを利用した醸造食品(紅酒、豆腐乳、沖縄の豆腐よう、4) *Monascus* 属の生産する天然色素、5) *Monascus* 属の生産する薬理作用物質、6) 新しい紅こうじの開発¹³⁹⁾。

(4) アジアのモナスクス属とその特性

IIZUKA H は、東南アジア、中国、香港、マレーシア、ベトナム、カンボジア、タイ、台湾、沖なわから分離した 26 株と保存菌株 14 株のモナスクス属について分類学的研究を行い、12 品種と 2 変種に分類した¹⁴⁰⁾。

引用文献

- 1 WICKLOW D T (Agricultural Res. Serv., USDA, IL, USA); WEAVER D K (Agricultural Res. Serv., USDA, FL, USA); THRONE J E (Agricultural Res. Serv., USDA, KS, USA) J Stored Prod Res VOL.34, No.4 Page.355 - 361 (1998)
恒温・恒湿度条件下のトウモロコシ穀粒のコロニー形成糸状菌 Fungal Colonists of Maize Grain Conditioned at Constant Temperatures and Humidities. [Key Word] トウモロコシ; 糸状菌類; 貯蔵; コロニー; 温度依存性; 相対湿度; 穀粒; 含水量; 黄色麹菌; ポストハーベスト; 種差; カリフォルニア; 発芽; Fusarium; Monascus 属
- 2 HAJJAJ H, BLANC P J, GOMA G, FRANCOIS J (Inst. National des Sci. Appliquees, Toulouse, FRA) FEMS Microbiol Lett VOL.164, No.1 Page.195 - 200 (1998)
糸状菌類の細胞内と細胞外代謝物質の定量測定に対するサンプル採取法と抽出法の比較 Sampling techniques and comparative extraction procedures for quantitative determination of intra - and extracellular metabolites in filamentous fungi. [Key Word] Monascus 属; 代謝産物; 試料採取; 溶媒抽出; エタノール; 定量分析; 生体成分分析
- 3 BLANC P J, LORET M O, GOMA G (INSA, Toulouse, FRA) Adv Solid State Ferment Page.393 - 406 (1997) CO Meeting of the French Society of Microbiology; Montpellier Monascus の液体及び固体培地の培養による色素及びシトリニンの生産 Pigments and citrinin production during cultures of Monascus in liquid and solid media. [Key Word] Monascus 属; 固体培養; 深部培養; シトリニン; 生物色素; 米; 発酵; 発酵制御; 麹
- 4 PASTRANA L, LORET M O, BLANC P J, GOMA G (INSA, CNRS, Toulouse, FRA) Acta Biotechnol VOL.16, No.4 Page.315 - 319 (1996) Monascus ruber の合成培地深部培養におけるシトリニン産生 Production of Citrinin by Monascus ruber Submerged Culture in Chemically Defined Media. [Key Word] Monascus 属; シトリニン; 深部培養; 生産性; 菌体量; 生物色素; 代謝産物; バイオマス; エタノール; 培地
- 5 SANTERRE A L, BLANC P J (INRA, Toulouse, FRA); QUEINNEC I (Lab. Analyse et d' Architecture des Systmes, CNRS, Toulouse, FRA) Bioprocess Eng VOL.13, No.5 Page.245 - 250 (1995) Monascus ruber による赤色色素の最適生産のための流加培養法 A fedbatch strategy for optimal red pigment production by monascus ruber. [Key Word] Monascus 属; 生物色素; 発酵制御; 流加培養; 天然着色料; グルコース; エタノール; 菌体生産; グルタミン酸塩; ジヒドロフラン誘導体; テトラヒドロフラン誘導体; ラクトン
- 6 PASTRANA L, GOMA G (INSA, Toulouse, FRA) Process Biochem VOL.30, No.7 Page.607 - 613 (1995) Monascus ruber 培養からの、化学量論モデルを使ったバイオプロセス変数の予測 Estimation of Bioprocess Variables from Monascus ruber Cultures by Means of Stoichiometric Models. [Key Word] Monascus 属; 回分培養; 数学モデル; りんご酸; 菌体量; グルコース; エタノール; グルタミン酸; シミュレーションモデル; ブラックボックス; 物質収支
- 7 PASTRANA L, BLANC P J, SANTERRE A L, LORET M O, GOMA G (INSA,