

生産者と消費者の要望に応える道産タモギタケ新品種「えぞの霞晴れ33号」の開発

利用部 微生物グループ 米山 彰造

■はじめに

タモギタケは昭和50年代以降、北海道において瓶栽培が普及し、生産量が増加しました。昭和60年から道内企業が参入し安定生産されるようになり、北海道特産きのこととして位置づけられています。平成29年の道内生産量は315トンで国内生産量の76%を占め、全国一の生産量です¹⁾。

タモギタケは生鮮品だけでなく、健康食品等の加工品としても販売されており、その健康機能性が、消費者から注目されています。これまで、免疫賦活作用、血糖値上昇抑制効果、抗酸化活性、皮膚の保湿作用といった様々な健康機能性に加え、タモギタケに多く含まれているエルゴチオネインという成分が学習・記憶能力向上作用を有すること²⁾が公表されており、更なる価値向上が期待されています。

一方で、タモギタケは食用きのこの中で成長が早く旺盛なため、きのこが成熟する時に大量の胞子が生産施設内に飛散します。生産企業から胞子飛散による従業員のアレルギー様症状や換気扇、空調設備等への汚染に関する相談があり、胞子の飛散がほとんどない品種の早期開発が求められていました。

そこで、林産試験場は、消費者ニーズとして健康機能性成分であるエルゴチオネインを多く含むこと、また、生産者ニーズとして、胞子がほとんど飛散しない無胞子性であることの2つの条件を満たす新品種開発に関するプロジェクトに参画しました。林産試験場は、既に胞子のほとんど出ない基盤品種を有していましたので、これを、エルゴチオネイン含量が高い品種に改良することとしました。

■健康機能性成分エルゴチオネイン

硫黄原子を含むアミノ酸の一種であるエルゴチオネインは、消費者の知名度は低いものの非常に有益な健康機能性成分で、100年以上前にライ麦の麦角から発見されてから、カビ類やきのこを含む多くの菌類にも含まれることや、その生体内での合成経路も明らかにされました³⁾。その後、エルゴチオネインが動物の血液中に存在することが発見されてから、生体内における役割が研究されました。ヒト等の動物はエルゴチオネインを合成できませんが、臓器や神経組織にも広く分布し、ビタミンEの数千倍の抗

酸化力を持ち、老化抑制や炎症を抑制する効果が確認されてきました。それだけではなく、エルゴチオネインは血液を介して脳の神経細胞等にも取り込まれ、マウス実験により学習・記憶能力の向上にも効果を持つ成分であることがわかってきました。すなわち、ヒトや動物はきのこを含む菌類等を摂取することで、エルゴチオネインを体内に補給し、随所で利用しています。

食用きのこ類に含まれる多糖類を主とした成分の抗腫瘍活性等の効果は知られていましたが、エルゴチオネインは今まで注目されていませんでした。2000年代以降、タモギタケを含むヒラタケ属やヒトヨタケ属のきのこ類にエルゴチオネインが多いことが示され、林産試験場におけるきのこの種類ごとの成分評価においても、タモギタケに非常に多いことを確認しました(図1)。このデータを基に、エルゴチオネイン含量の高いタモギタケ品種の育成が今後の健康食品開発に繋がると考えました。

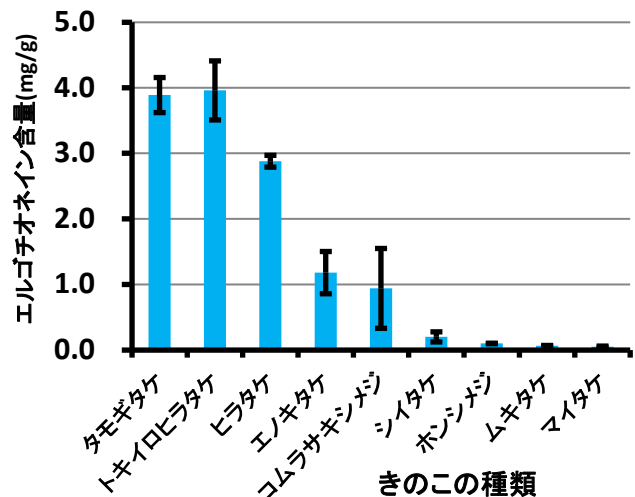


図1 きのこの種類ごとのエルゴチオネイン含量

■タモギタケの野生株の選抜

まず、林産試験場で保有しているタモギタケ野生株の中に、さらにエルゴチオネイン含量が多い株があるのではないかと考え、それら30株の含量を調べました。その結果の一部を図2に示します。平均値は4.3mg/gとなり、菌株CやHのように含量が1mg/gに満

たない菌株から、菌株Kのように平均値の2倍の菌株まで、含量の差が数十倍異なることがわかりました。そこで、含量の多い菌株は含量を多くする何らかの遺伝子を持っていると推測し、菌株Kに、これまで育種してきた、胞子をほとんど発散しない菌株を交配することで、無胞子性かつエルゴチオネイン含量が多い菌株を多数得ることができ、その菌株群から実用性の高い優良株を選抜することができると考えました。

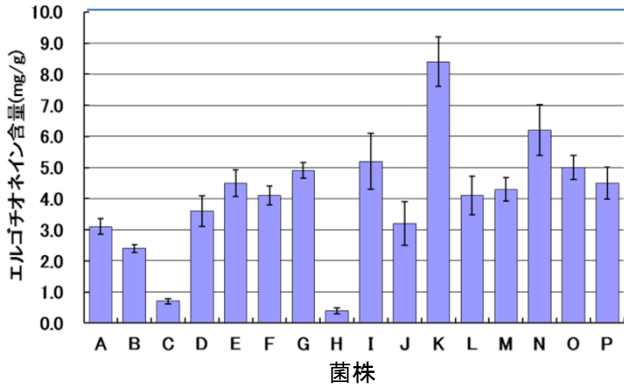


図2 タモギタケの菌株別のエルゴチオネイン含量

ここで重要なのは、栽培して無胞子性であること、きのこの収量が現行品種と同等以上であること、きのこの形が漏斗状になりにくいこと等の条件をクリアすることです。これには相当数の交配株を作って選抜することになり、栽培試験に多くの時間を費やすこととなります。

そこで、これまでの研究蓄積をもとに、無胞子性のDNAについて、胞子を形成する遺伝子の変異（無胞子性）箇所を特定⁴⁾し、きのこの栽培をしなくても菌糸から抽出したDNAを増やして、無胞子性のDNAのシグナルを検出する技術（マーカーアシスト選抜）を開発（図3）し、並行して選抜に活用しました。

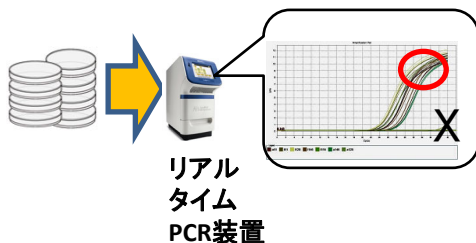


図3 マーカーアシスト選抜の模式図

シャーレ中で培養した菌糸からDNAを抽出し、リアルタイムPCR装置（DNAを増やし、そのシグナルを検出する装置）により無胞子性のDNAのシグナル（赤丸）を検出した。×は孢子有りのDNAのため、シグナルが出ない。

このマーカーアシスト選抜により、500株ほど作った交配株の中から、栽培試験をせずに約250株を選抜することができました。

絞り込んだ250株については、試験場内で瓶数百本レベルの栽培試験を繰り返し行い、食味性、きのこの収量、形質等の項目を評価しました。その結果、実用レベルに近い菌株を4菌株選抜しました。選抜された菌株は、形質が特に良い、収量が多い等それぞれ特徴があることから、最終段階として、企業の生産施設において、規模を拡大した栽培試験を行い、実用的なレベルに達しているか確認しました。

■実生産施設での栽培試験

第一段階の選抜では施設内の栽培環境下で、瓶100本規模の試験を2回繰り返し、形質の安定性や収量、収穫までの期間のバラツキを評価し、1菌株に絞り込みました（写真1）。

第二段階目では、この1菌株について、瓶1,000本規模の試験を2回繰り返すとともに、加工適性の試験も行って、現行品種との比較を行いました。その結果は以下のとおりです。

- ・生産効率：同等
- ・エルゴチオネイン含量（乾燥きのこ1g当たり）、生産量（1瓶当たり）：現行品種の+20%以上
- ・加工適性：同等
- ・食味性：同等
- ・胞子発散量：現行品種の1/1000レベル
- ・形質：現行品種に比べ、軽度の屈地性異常
平山型からときに漏斗型



写真1 規模拡大試験における開発株（上）と現行品種（下）

最後に、選抜株の無孢子性により、発生室等の施設環境がどう変化するか確認するため、更に規模を拡大し、1万本の栽培試験を行って、空気中の浮遊物質の調査を行いました（写真2）。

この調査にあたっては、道総研環境科学研究センター環境保全部の協力を得て、エアサンプラーを使用した空気中の浮遊物質測定を実際の生産施設内で行いました。

その結果、空気中の浮遊物質量は1/10以下に減少し、無孢子性である開発株の有効性を実用規模で確認できました。

また、本研究開発では、無孢子性についてはDNAマーカーアシスト選抜を活用しましたが、エルゴチオネインを多く生産する遺伝子についても研究を進め、特定の遺伝子領域の塩基を別の塩基に置換することで、含量が高まる可能性を見出しており⁵⁾、今後の更なるタモギタケの育種場面において活用が期待できます。



写真2 1万本規模の大量栽培試験の様子
(右写真のエアサンプラーから空気を吸引し、空気中の胞子を含む浮遊物質を測定する)

開発株は孢子飛散の影響を低減することになみ、「えぞの霞晴れ33号」と命名し、農林水産省から出願公表⁶⁾されました。今後は共同開発企業と連携し、生産の拡大と加工食品開発を図っていきたいと考えています。

なお、本研究開発は農林水産省イノベーション創出強化研究推進事業（開発研究ステージ27036C 平成27～30年度）の一部として実施したものです。

■参考文献

- 1) 北海道水産林務部林業木材課：平成29年度北海道特用林産統計，p. 7 <<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/tokusan/tokusantoukei.htm>>.
- 2) 米山 彰造：第8章タモギタケ，「きのこの生理機能と応用開発の展望」，江口文陽監修，S&T出版，東京，pp. 234-241 (2017).
- 3) Seebeck, F. P. : In Vitro Reconstitution of Mycobacterial Ergothioneine Biosynthesis., J. Am. Chem. Soc., 132, pp. 6632-6633 (2010).
- 4) 米山彰造，白井伸生，東智則，佐藤真由美，松本晃幸：日本育種学会第132回講演会要旨集，盛岡，p.161 (2017).
- 5) 前田楓，米山彰造，東智則，佐藤真由美，齋藤沙弥佳，富山隆広，松本晃幸：日本育種学会第135回講演会要旨集，千葉，p.159 (2019).
- 6) 農林水産省品種登録ホームページ，第249回品種登録出願公表（令和10月1日官報公示）<<http://www.hinshu2.maff.go.jp/gazette/syutugan/contents/249syutugan.pdf>>.