

ヒラタケ (*Pleurotus ostreatus* TMI30026) の培養が 小麦稈の *in vitro* 消化性に及ぼす影響

山川政明*¹・阿部英則²・岡本全弘³

北海道立滝川畜産試験場 (073-0026 北海道滝川市東滝川)

¹ 現在 : 北海道立上川農業試験場天北支場 (098-5738 北海道枝幸郡浜頓別町)

² 現在 : 北海道立畜産試験場 (081-0038 北海道上川郡新得町)

³ 現在 : 酪農学園大学 (069-0836 北海道江別市)

Hokkaido Prefectural Takikawa Animal Husbandry Experiment Station, Takikawa, Hokkaido 073-0026, Japan

¹ Present address : Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station,

Tenpoku Branch, Hamatonbetsu-cho, Hokkaido 098-5738, Japan

² Present address : Hokkaido Animal Research Center, Shintoku-cho, Hokkaido 081-0038, Japan

³ Present address : Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-0836, Japan

受付日 : 2005 年 10 月 31 日 / 受理日 : 2006 年 11 月 27 日

Synopsis

Masaaki Yamakawa, Hidenori Abe, Masahiro Okamoto (2007) Effect of Incubation with the Edible Mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on *In Vitro* Degradability of Wheat Straw. *Jpn J Grassl Sci* 53 : 23-27

Pleurotus ostreatus TMI30026 (oyster mushroom) was evaluated for its potential to improve the *in vitro* degradability of wheat straw. *P. ostreatus* TMI30026 was incubated on wheat straw and wheat straw with rice bran (10, 30, 50% on a dry matter basis) substrates for 15-90 days at 25°C and 75% relative humidity. Detergent fiber, acid detergent lignin and dry matter degradability by cellulase were determined. The dry matter, acid detergent lignin and hemicellulose in wheat straw substrate decreased through incubation with *P. ostreatus* TMI30026. The dry matter degradability by cellulase of wheat straw substrate was improved by 30% and degradable dry matter by cellulase increased by 70% at the end of 60 days through incubation with *P. ostreatus* TMI30026. The digestibility of the substrate was not improved with the rice bran addition.

Key words : Digestibility, Lignin, *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fries) Quelet, Wheat straw, White rot fungi.

緒 言

北海道で大量に産出されている小麦稈は稲わらと同様セルロースやヘミセルロースを多く含み、その飼料としての潜在能力は高い。また、小麦稈は稲わらに比べて収集がきわめて容易であることから、栄養価の高い飼料に変換されれば粗飼料の自給率の改善に貢献できるものと考えられる。しかし、無処理のままではその栄養価は稲わらに劣る(阿部ら 1997, 1999)。

著者らはこれまで、稲わらに白色腐朽菌であるヒラタケ (*Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fries) Quelet) を培養すると消化阻害成分である細胞壁中のリグニンが分解、減少し、飼料としての消化性の指標のひとつであるセルラーゼによる乾物分解率(以下、Ce-DMD と表す)が顕著に改善されることを示した(山川ら 1992)。そこで本研究では小麦稈においても稲わらと同様、ヒラタケの培養によってその栄養価が改善できるかを知るため、既報(山川ら 1992)で選抜したヒラタケ TMI30026 株を培養し、その成分および消化性に及ぼす影響を検討した。

材料と方法

供試菌は著者らがリグニン分解力と培養後の培地の消化性で選抜したヒラタケ TMI30026 (日本きのこセンター菌蕈研究所保存株、以下、TMI30026 株とする; 山川ら 1992) である。小麦稈は北海道深川市で産出されたもので、これを約 3 cm の長さに細切し、水分含量を約 65% に調整した。また、菌の生育促進剤としての米ぬかの添加が培地の消化性に及ぼす影響を稲わらに米ぬかを添加した既報(山川ら 1992)の結果と比較するため、前記の小麦稈に乾物比で 10, 30 および 50% の米ぬかを混合し、水分を約 65% に調整した培地を調製した。以下、小麦稈のみの培地は WS、米ぬか 10% 添加培地を RB10、同 30% 添加培地を RB30、同 50% 添加培地を RB50 と表す。各培地はそれぞれ乾物で 50 g 相当量を市販の 850 ml 容のポリプロピレン製きのこ培養瓶に詰め、121°C で 30 分滅菌した後室温まで冷却し、あらかじめ MGY 液体培地(麦芽エキス、グルコースそれぞれ 2%, 酵母エキス 0.2%) で約 3 週間振盪培養して得た菌塊を 10 秒間ホモゲナイズ処理したもの 4 g を接種し、以下の条件で培養した。培養温度は 25°C、相対湿度は 75% とした。培養期間は、15, 30, 45, 60, 75 および 90 日間とした。処理の反復として 1 処理につき 3

*連絡著者 (corresponding author) : yamakams@agri.pref.hokkaido.jp

本培養した。培養後、培地は 65°C、48 時間通風乾燥させて乾物減少率を測定した後、0.5 mm のふるいを通るように超遠心粉碎機で粉碎した。分析には 1 処理 3 本の培地を混合し、それから必要量を分取したものをを用いた。分析法は既報 (山川ら 1992) と同様、阿部 (1988) の変法により中性デタージェント繊維、酸性デタージェント繊維および酸性デタージェントリグニン (以下、ADL と略記する) を求め、これらの分析値からセルロースおよびヘミセルロースを算出した。消化性の指標は既報 (山川ら 1992) と同様、Ce-DMD を用いた。

結果と考察

図 1 に TMI30026 株の培養による培地の乾物減少率を示した。乾物重量は培養期間が長くなるにつれて減少し、培養 60 日目における WS, RB10, RB30 および RB50 の乾物減少率はそれぞれ 26, 25, 22 および 21% であった。食用ヒラタケ栽培にならぬ、菌の生育促進を図るために米ぬかを添加したが、その添加割合が高いほど培地の乾物減少率は低い傾向が認められた。

図 2 にヘミセルロースの減少率を示した。TMI30026 株を培養した小麦稈培地中のヘミセルロースなど繊維成分の含有率の変化は図 5 にまとめて示した。培養当初、WS, RB10, RB30 および RB50 のヘミセルロース含有率はそれぞれ 31, 31, 30 および 29% であったが、培養 60 日後にはそれぞれ 14, 15, 18, 18% となり (図 5)、減少率はそれぞれ 68, 64, 55 および 52% であった。ヘミセルロースも乾物重量と同様、米ぬか添加割合が高いほど低かった。

図 3 に ADL の減少率を示した。培養当初、WS, RB10, RB30 および RB50 の ADL 含有率はそれぞれ 9, 8, 7 および 6% であった (図 5)。培養開始時から培養 15 日目の ADL の

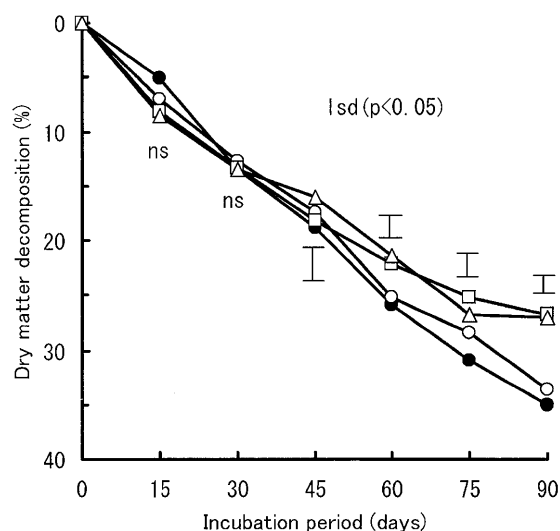


Fig. 1. Changes in dry matter decomposition of substrate during the incubation with *P. ostreatus* TMI30026. Substrate are 100% wheat straw (●), 10 (○), 30 (□) and 50 (△) % mixture of rice bran with wheat straw.

変化を見ると、RB10 が培養当初と同じ量が残存していたが、RB, RB30, RB50 は 5% 増加していた。これは、TMI30026 株がまずヘミセルロースをはじめとする易分解性成分を資化したため、相対的に含量が高まったためと考えられた。その後は培養期間の経過に伴って減少し、培養 60 日目の ADL 含有率はいずれの培地も 4% まで低下しており (図 5)、減少率はそれぞれ 64, 64, 54 および 48% であった。ADL についても、米ぬか添加割合の増加に伴って ADL 減少率は低下する傾向が認められた。

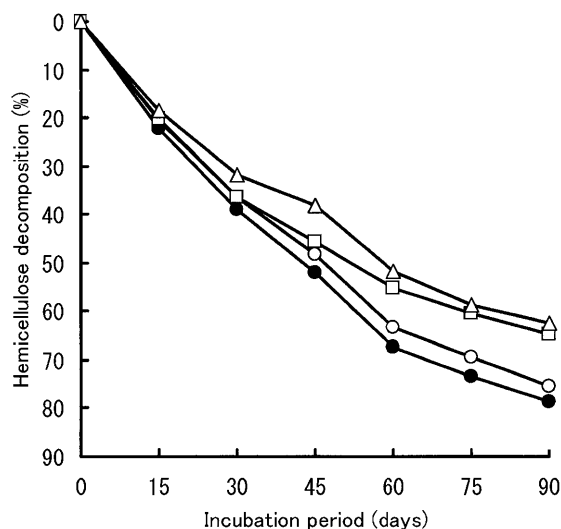


Fig. 2. Changes in hemicellulose decomposition of substrate during the incubation with *P. ostreatus* TMI30026. Substrate are 100% wheat straw (●), 10 (○), 30 (□) and 50 (△) % mixture of rice bran with wheat straw.

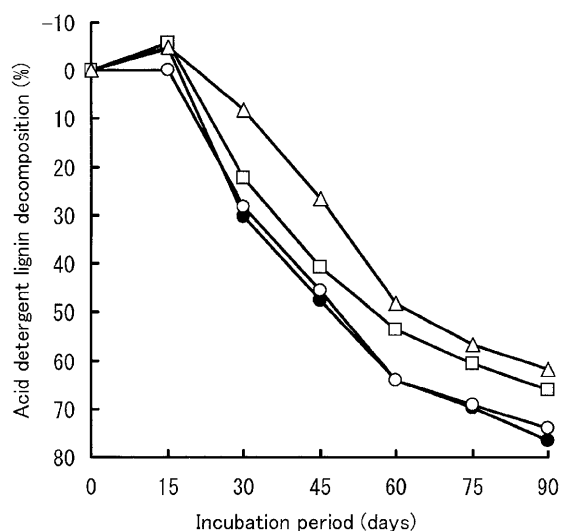


Fig. 3. Changes in acid detergent lignin decomposition of substrate during the incubation with *P. ostreatus* TMI30026. Substrate are 100% wheat straw (●), 10 (○), 30 (□) and 50 (△) % mixture of rice bran with wheat straw.

図4にセルロースの減少率を示した。培養当初、WS, RB 10, RB30 および RB50 におけるセルロース含有率はそれぞれ 41, 39, 33 および 26% であり、培養 60 日後はそれぞれ

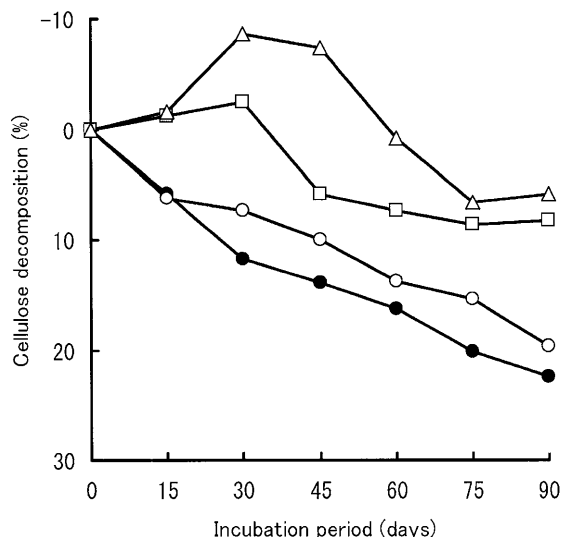


Fig. 4. Changes in cellulose decomposition of substrate during the incubation with *P. ostreatus* TMI30026. Substrate are 100% wheat straw (●), 10 (○), 30 (□) and 50 (△) % mixture of rice bran with wheat straw.

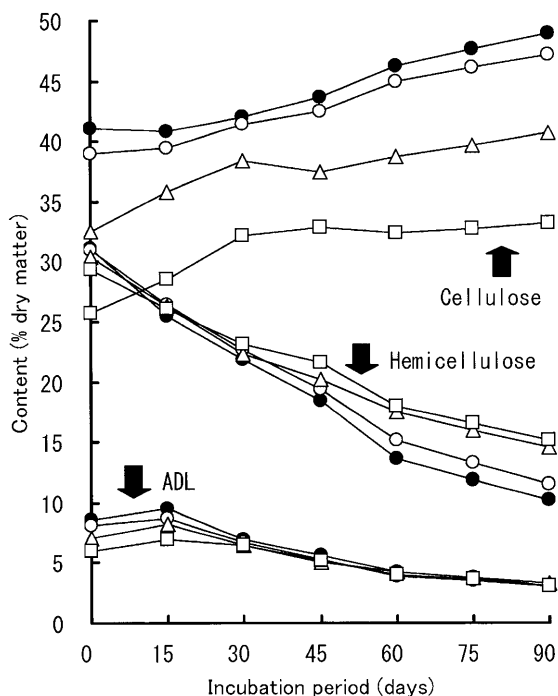


Fig. 5. Changes in cellulose, hemicellulose and acid detergent lignin (ADL) contents of substrate during the incubation with *P. ostreatus* TMI30026. Substrate are 100% wheat straw (●), 10 (○), 30 (□) and 50 (△) % mixture of rice bran with wheat straw.

46, 45, 39 および 32% (図5), このときの減少率はそれぞれ 16, 14, 7 および 1% であり、含有率としては、ヘミセルロースや ADL とは逆に培養前に比べてわずかに高くなっていた。セルロースはグルコースの重合体ではあるが、TMI 30026 株はヘミセルロースをまず資化し、次いで ADL を資化したが、これらに比べてセルロースの資化量が少ないため結果として培地中にはセルロースが多く残されていた。

図6に消化性の指標としての Ce-DMD の変化を示した。それによると、WS, RB10, RB30 および RB50 の Ce-DMD は、培養前はそれぞれ 23, 26, 32 および 39% であったが、培養 15 日では変化が小さいかやや低く、その後は 60 日まで急激に高くなり、90 日目までは緩やかに高くなる傾向が認められた。培養 60 日目の Ce-DMD を見ると、WS および RB10 で 30 ポイント、RB30 で 21 ポイント、RB50 で 15 ポイント改善された。また 90 日目では、WS, RB10, RB30, RB50 それぞれ 32, 33, 27, 23 ポイント改善された。しかし、培養前後の差から見た米ぬか添加による改善の程度は、いずれの添加割合も WS に劣っていた。

消化性が向上しても、可消化の画分が大幅に減少しているのは、栄養価改善のための処理として好ましくない。表1に、可消化の画分としてのセルラーゼ可分解乾物重 (以下、Ce-DDM と略す) の変化を示した。培養当初、WS, RB10, RB30 および RB50 の残存乾物重中 Ce-DDM はそれぞれ 23, 26, 32 および 39% であった。培養当初の Ce-DDM を 100 とすると、培養 45 日後では、WS が 155, RB10 が 146, RB30 が 118 と増加していたが、RB50 は 95 と培養当初に比べて減少していた。培養 60 日後では、WS が 170, RB10 が 183 と顕著に増加していた。このとき、RB30 は 131 と増加していたが、RB50 は 109 と増加量は WS, RB10 に比べて少なかった。培養 75 日後では、WS が 163, RB10 が 159, RB30 が

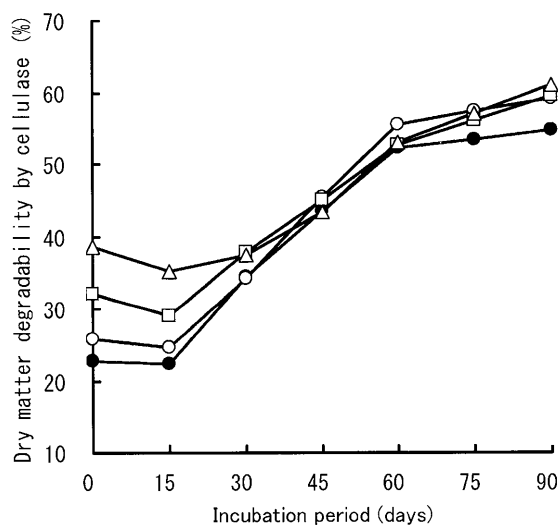


Fig. 6. Changes in dry matter degradability by cellulase of substrate during the incubation with *P. ostreatus* TMI30026. Substrate are 100% wheat straw (●), 10 (○), 30 (□) and 50 (△) % mixture of rice bran with wheat straw.

Table 1. Changes in degradable dry matter by cellulase during the incubation with *P. osteratus* TMI30026.

Substrate ^a	Incubation period (days)						
	0	15	30	45	60	75	90
WS	100 ^b	93	130	155	170	163	157
RB10	100	88	115	146	183	159	153
RB30	100	85	105	118	131	135	139
RB50	100	83	84	95	109	108	116

^a Substrate : WS is 100% wheat straw, RB10 is WS90%+rice bran (RB) 10%, RB30 is WS70%+RB30%, RB50 is WS50%+RB50%.

^b Relative value to the initial degradable dry matter.

135, RB50 が 108 であった。

Ce-DDM の傾向から見た効果的な培養期間は、WS および RB10 は 60 日頃が適当と考えられた。RB30 および RB50 は培養 90 日でも WS および RB10 の 60 日間培養の水準に到達せず、米ぬかの添加割合をこの水準まで上げて小麦稈の栄養価改善は高くないことが明らかとなった。

既報 (山川ら 1992) で示した稲わらと本報における小麦稈に対する TMI30026 株の培養効果を比較すると、培養前の Ce-DMD が 23% であった稲わら培地は TMI30026 株を 60 日間培養することで 29% となり、残存乾物は 14% 減少していた。これらの数値から培養 45 および 60 日後の Ce-DDM は培養前を 100 とするとそれぞれ 101 および 128 となり、同じ培養期間であれば、本報で示した WS のほうが効果的であることがわかった。

菌の栄養剤としての米ぬかの添加について山川ら (1992) は稲わら培地の場合は効果的ではないとしている。本試験においても、添加割合が高いと Ce-DMD や Ce-DDM の改善に及ぼす効果は低くなった。これは、稲わらの例と同様、ヒラタケにとっては小麦稈より分解しやすい米ぬかの成分を多く消費したため (山川ら 1992; 三木ら 2005) と考えられる。また白色腐朽菌がセルロースのみならずリグニンも分解するのは炭素源を確保するためよりも、基質に含まれるわずかな窒素を得るためと考えられている (鈴木 1990)。米ぬかには約 12% の粗タンパク質が含まれており (農林水産省農林水産技術会議事務局 1987)、あえてリグニンを分解しなくても成長に必要な窒素は十分に得られたために、小麦稈の分解を行わなかったものと推察された。

TMI30026 株の培養によって消化性が改善された一方で、易分解性の繊維成分は多く分解されていたと考えられる。TMI30026 株は菌糸を小麦稈の基質の表面に伸長させ、その菌糸から各種の繊維分解酵素を分泌して細胞壁を溶解し、必要な養分を得ていると考えられる。その際、各繊維成分を一樣に分解・資化するのではないことは図 2-5 から分かる。しかし、ADL を多く分解しながらも易分解性繊維を多く残す菌株を培養すればより効果的と考えられるので、菌株の選択はきわめて重要である (吉田 1994)。また、培養期間についても、*in vitro* では本研究のとおりであるが、反芻家畜に給与した場合は咀嚼や反芻の効果が加わるため、長い培養期間を

経て易分解性繊維を分解・消失させなくても、消化性が改善されるのに適切な培養期間が存在することも考えられる。今後は、これらの点を確認するために家畜を用いた *in vivo* 消化試験が必要である。

以上のことから、小麦稈の *in vitro* 消化性は TMI30026 株の培養により大幅に改善されること、WS の場合、培養期間は消化性および消化成分含有量からみて 60 日が適当であること、菌の生育促進剤として米ぬか添加しても改善効果は認められないこと、消化性の改善効果は稲わらよりも高いことなどが明らかとなった。

引用文献

- 阿部 亮 (1988) 炭水化物を中心とした飼料分析法とその飼料栄養評価法への応用. 畜産試験場研究資料 2 : 1-75
- 阿部英則・山川政明・遠藤 展 (1997) 蒸煮処理した小麦稈のめん羊における全消化管内充満度および滞留時間. 北海道草地研究会報 31 : 71
- 阿部英則・山川政明・岡本全弘 (1999) 蒸煮, アンモニア処理およびこれらの複合処理した稲わらの自由摂取量と消化率. 日草誌 44 : 378-389
- 三木 聡子・仁村佳史・北尾玲子・岡野寛治 (2005) エリンギ (*Pleurotus eryngii*) を収穫したコーンコブミール廃培地の培養延長が培地に栄養価に及ぼす影響. 日畜会報 76 : 309-314
- 農林水産省農林水産技術会議事務局 (編) (1987) 日本標準飼料成分表 (1987 年版). 中央畜産会, 東京, p66-67
- 鈴木 彰 (1990) 菌糸体 (コロニー) の生長・分化と環境. きのこの一生 (堀越孝雄・鈴木 彰著). 築地書館, 東京, 77-81
- 山川政明・阿部英則・岡本全弘 (1992) 稲わらに対するヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) が *in vitro* 消化性に及ぼす影響. 日畜会報 63 : 180-185
- 吉田宣夫 (1994) 水稲及び繊維性圃場副産物のアルカリ処理及び生物学的処理による飼料価値の向上に関する試験. 埼玉畜試特別研究報告 1 : 48-66

要 旨

山川政明・阿部英則・岡本全弘 (2007) ヒラタケ (*Pleurotus ostreatus* TMI30026) の培養が小麦稈の *in vitro* 消化性に及ぼす影響. 日草誌 53 : 23-27

小麦稈の消化性を改善するため、担子菌の一種ヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) を培養し、消化性に及ぼす効果を検討した。培地は小麦稈およびそれに米ぬかを添加したもので、水分含量を 65% に調

節し、滅菌した後、ヒラタケ TMI30026 株を培養した。培養期間は 15, 30, 60, 75 および 90 日とし、各培地の繊維成分含有率とセルラーゼによる乾物分解率 (Ce-DMD) の変化を調べた。その結果、培地の乾物、酸性デタージェントリグニン含有率およびヘミセルロス含有率は培養期間の経過とともに顕著に低下した。23% であった

小麦稈の Ce-DMD は培養 60 日で 30 ポイント改善され、セルラーゼ可分解乾物重は 70% 増加した。米ぬかを添加しても、Ce-DMD の改善効果は認められなかった。

キーワード：小麦稈，消化性，白色腐朽菌，ヒラタケ，リグニン，