

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (特設分野研究)

研究期間：2014～2016

課題番号：26520305

研究課題名(和文)キノコ廃培地を反芻刺激機能を持つ粗飼料として再利用するための技術開発

研究課題名(英文)Use of spent mushroom substrates as roughage stimulating rumination

研究代表者

神 勝紀 (KOH, Katsuki)

信州大学・学術研究院農学系・教授

研究者番号：40215166

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：キノコ廃培地を反芻刺激を持つ粗飼料として利用する目的で、長繊維の培地でキノコが栽培可能かどうか、さらにその廃培地を反芻家畜に給与したとき実際に反芻を刺激するかどうかについて調査した。長繊維の原料には、長野県の地域バイオマスであるスイートコーン茎葉を用いた。これを3cmの長さで切断し乳酸発酵させたものは、キノコ培地として利用可能であったが、培地含有率は最大で25%であった。さらにこの廃培地をサイレージ化した飼料の発酵品質は良好で、めん羊の嗜好性も良かった。これを摂取しためん羊の反芻回数は一般のエノキタケ廃培地サイレージ給与時よりもはるかに多くなり、コーンサイレージ給与時に近いレベルになった。

研究成果の概要(英文)：In order to use spent mushroom substrates as roughage, the present study was performed to investigate whether mushrooms can be cultivated in substrates containing a long fiber material and the resultant spent substrates can stimulate chewing activity of ruminants. We used sweet corn stover, which is a regional biomass in Nagano prefecture, as a long fiber material. Lactic fermented sweet corn stover cut in 3 cm length could be included successfully in a mushroom substrate up to 25%. After mushrooms were harvested, spent substrates were ensiled and the resultant silage showed good fermentation quality and palatability in sheep. Sheep given this silage exhibited greatly increased chewing activity, comparing with sheep given conventional spent-substrate silage: the activity nearly reached to that in sheep given corn silage. Consequently, it is suggested that the mushroom substrate containing sweet corn stover cut in 3 cm length is promising for both mushroom and roughage production.

研究分野：飼料学

キーワード：きのこ 廃培地 反芻刺激 粗飼料

## 1. 研究開始当初の背景

キノコ培地の原料の多くは牛用飼料原料と共通している。そこでキノコ廃培地の牛用飼料化に関する研究が20年以上前から行われているが<sup>1, 3-6)</sup>、未だに実用レベルの飼料は開発されておらず、廃培地の殆どが廃棄されている。このような研究の行き詰まりの理由として以下があげられる。

(1) 廃培地は保存性や栄養価が低いため、微生物分解、ペレット化および発酵等の加工による解決が検討されているが、費用対効果の問題を解決できていない。

(2) 産業界における研究は存在するが、キノコ産業の多くの経営体は小規模であるため研究の質が低い。一方、わが国の大学ではこのような実用的研究の評価が低く、研究例が少ない。

(3) キノコ学と飼料学との間の学際的研究がおこなわれていないために、飼料学的アプローチしかできていない。

このような状態ではあるが、近年における飼料自給率の向上や食資源循環の視点から、廃培地再利用の重要性が強く認識されるようになり、これの飼料化に関する研究は急務となっている。

ところで、廃培地の飼料化を阻んでいる原因は以下の3つである。すなわち、

(1) 廃培地は極めて迅速に(夏場だと半日で異臭発生)腐敗するために、保存性向上に関する処理をしない限り、飼料として利用できない。

(2) キノコ独特の臭気がするために、牛の嗜好性が悪い。

(3) 窒素とエネルギーの含量が牛用飼料として評価するとかなり低く、栄養素源として利用しにくい。

以上のうち(1)の腐敗の問題はサイレージ化、(2)の嗜好性の問題はTMR(完全混合飼料)化によって解決される可能性があるが、

(3)の栄養価の問題は20年以上の研究によっても解決されていないことから、今後数年で解決することは極めて困難であろう。しかしながら基礎技術から開発すると時間がかかりすぎ、飼料自給率向上や廃培地再利用といった喫緊の課題に対応できない。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、従来の研究の方向性を大幅に見直し、廃培地を牛用飼料の栄養素、すなわち濃厚飼料の代替ではなく、繊維源、すなわち反芻を刺激する粗飼料として利用するという着想を得た。

一般的なキノコ培地原料の粒度は長さ2~3mmと小さいために、粗飼料機能を期待することはできないが、この繊維長を長くすれば(1cm~3cm)反芻を刺激して反芻胃の機能を発揮する可能性がある<sup>2)</sup>。本研究は食料循環研究である以上、繊維源を輸入や新たな生産に頼っては趣旨に合わないので、長野県の地域バイオマスであるスイートコーン収

穫後の茎葉を繊維源として用いた。この茎葉は現在のところ利用性が全くなく、スイートコーン収穫後は農地に鋤きこまれるだけである。

## 3. 研究の方法

### 実験1: 茎葉の切断長と保存法

茎葉の切断長は粗飼料用としては長い方がよいが、長すぎるとキノコ培地用に利用できない。また茎葉は腐敗しやすいので保存性を付与せねばならない。そこで茎葉の切断長を1.3cm, 2.2cmおよび3.0cmの3段階に設定し、乾燥あるいは乳酸発酵させた。これらを原料の一部としてヒラタケの栽培試験を行った。

実験2-1: 乳酸発酵した茎葉(FCS)の培地添加率の検討: FCSの最適培地添加率を調査する目的で以下の実験を行った。すなわち1.3cmと3.0cmのFCSを8, 16, 25, 33%の割合で添加した培地を調整してエノキタケ栽培を行い、栽培日数、子実体収量および生物学的効率(BE)を調査した。

実験2-2: 水洗FCS添加率の検討: FCSは乳酸発酵のために低pHであるので、乳酸濃度を下げる目的で水洗したFCSを用いて、実験2-1と同様の操作を行った。

実験3: 実験2で栽培成績が良好であった培地の中から、FCS含量が最も多く、切断長が長かった培地(3.0cm FCS・25%添加培地)を用いて、エノキタケを大規模栽培した。このとき得られた廃培地を常法によってサイレージ化し、品質評価を行った後、この実験廃培地サイレージ、一般のコーンサイレージおよび一般のエノキタケ廃培地サイレージを緬羊(フリースランド種)に給餌し、嗜好性、採食量、採食行動および反芻行動について比較検討した。

## 4. 研究成果

### 実験1: 茎葉の切断長と保存法

乾燥茎葉は培地混合時に水分添加して蒸気加熱しても、物理性が粗剛で瓶詰め作業が極めて困難であり、機械による作業ができなかった。しかも培養時にトリコデルマ等の害菌の発生が多かったことから、乾燥茎葉は培地原料として不適であることが判明した。一方、乳酸発酵茎葉(FCS)は比較的柔軟で、瓶詰め作業もそれほど困難ではなかったが、機械だけで作業するためには多少の改良(特にプランジャー)が必要と思われた。なお、この培地の害菌発生率は一般の培地とほぼ同等であった。そこで、発酵スイートコーン茎葉を含む培地を調整して、ヒラタケとエノキタケの栽培を行い、切断長3cm以下のスイートコーン茎葉を乳酸発酵したものは、キノコ廃培地の原料として利用できることを認めた。この結果に基づいて、これ以降の実験ではFCSを使うことにした。付加的なデータとし

て、切断長 3cm 以上になると、培地の瓶詰め作業性が著しく低下するために、従来の瓶詰め機では対応できない可能性が示された。

実験 2-1：FCS を原料として、過去の実験方法<sup>3)</sup>にしたがってエノキタケの栽培試験を行った。FCS 添加量が 25% 以下の培地では対照培地と同等の収量が得られたが、添加量がこれより多いと栽培日数が長くなり、この傾向は切断長が短くなると顕著に表れた。このとき得られた子実体の食味官能試験を実施したところ、実験区の子実体でも市販のものと同様の食味を呈することが明らかになり、FCS はキノコの商品価値に負の影響を及ぼさないと推察された。

添加量増加による栽培日数延長の原因は FCS の低い pH や高い乳酸含量によると思われることから、この仮説を検証するために次の実験 2-2 を行った。

実験 2-2：FCS の乳酸を除くために水道水で水洗した。水洗を 2 回行うことによって、FCS 中の乳酸濃度は大幅に低下し、これに伴って pH が顕著に上昇した。この水洗 FCS を用いて実験 2-1 と同様にエノキタケの栽培試験を行ったが、栽培成績には水洗による顕著な改善効果が認められなかったために、pH や乳酸の除去に関するさらなる検討は中止した。

実験 3：3.0cm FCS を 25% 添加した培地におけるエノキタケ栽培成績は、実験 1 で得られたものと類似しており、再現性が確認された。このとき得られた培地をサイレージ化したものについて、化学分析および官能検査を実施したところ、発酵品質は良好であることが明らかになった。さらに、このサイレージのめん羊における嗜好性はコーンサイレージやイタリアンライグラス乾草と同程度に良好であることが明らかになった。さらに、この実験培地サイレージ給与時の反芻時の咀嚼時間・回数は、一般の廃培地サイレージ給与時より向上しており、一般のコーンサイレージ給与時に近い値を示した。

以上から、3.0cm の長さに切断して乳酸発酵させたスイートコーン茎葉はエノキタケ栽培の基材として 25% まで添加可能であること、さらに栽培後に得られた廃培地から調整したサイレージは、反芻家畜の粗飼料として利用できることが示唆された。ただし、切断長が 3cm になると培地の瓶詰め作業性が低下するという問題は、本研究期間中に解決できなかったため、機械の改良に関する研究の継続が必要である。

#### < 引用文献 >

1) Bae JS, Kim YI, Jung SH, Oh YG and Kwak WS (2006) Evaluation on Feed-Nutritional Value of Spent Mushroom (*Pleurotus osteratus*,

*Pleurotus eryngii*, *Flammulina velutipes*) Substrates as a Roughage Source for Ruminants. J. Ani. Sci. Technol., 48: 237-246.

- 2) Baker MJ, Hogue DE, Thonney ML and Ketchen DJ (2009) Effect of type and length of dietary fiber on growth efficiency and carcass characteristics of feedlot cattle. Proceedings of the Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 94-96.
- 3) Hiramori, C., Takeuchi, K., Yamada, S. and Koh, K. (2012) Adding of Apple Pomace to Enokitake Mushroom (*Flammulina velutipes*) Substrate Improves Nutritive Value and In vitro Digestibility of the Spent Mushroom Substrate without Decreasing Mushroom Yield. Proceedings of 15th AAAP (Thailand).
- 4) Kim MK, Lee HG, Park JA, Kang SK and Choi YJ (2011) Recycling of fermented sawdust-based oyster mushroom spent substrate as a feed supplement for postweaning calves. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 24: 493-499.
- 5) 神 勝紀・平森親男 (2013) ひらたけ培地への発酵リンゴ粕加工残渣への添加が子実体の栽培成績、食味および呈未成分に及ぼす影響。特産情報 34: 40-43.
- 6) 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。日本草地学会誌, 53: 23-27.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 1 件)

S. Kurata and K. Koh, Potential of Fermented Sweet Corn Stover as a Substitute for Corncob in Mushroom (*Flammulina Velutipes*) Substrate, 4<sup>th</sup> International Conference on Sustainable Environment and Agriculture, 2016. 26-29 September, San Francisco, USA

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

神 勝紀 (KOH, Katsuki)

信州大学・学術研究院農学系・教授

研究者番号：40215166

(2) 研究分担者

上野 豊 (UYENO, Yutaka)  
信州大学・学術研究院農学系・助教  
研究者番号： 00542911

(4)研究協力者

平森 親男 (HIRAMORI, Chikao)  
協全商事株式会社・社長  
研究者番号なし