

## 研究報告

## ナメコの成分組成と栄養成分の見える化

久保 智裕

目 次

## 要 旨

|     |                |    |
|-----|----------------|----|
| I   | はじめに           | 16 |
| II  | 試験方法           | 16 |
|     | 1 使用した種菌及び栽培方法 |    |
|     | 2 子実体の成分分析     |    |
|     | 3 イメージング質量分析   |    |
| III | 結果及び考察         | 18 |
|     | 1 子実体の収量及び発生本数 |    |
|     | 2 子実体の成分分析     |    |
|     | 3 イメージング質量分析   |    |
| IV  | おわりに           | 23 |
| V   | 謝辞             | 24 |
| VI  | 引用文献           | 24 |

## 要 旨

付加価値付与によるナメコの消費拡大を目的として、県オリジナル品種であるナメコ福島N1～6号のトレハロースと遊離アミノ酸の成分分析と栄養成分の可視化のためイメージング質量分析を実施した。成分分析の結果、血糖値の急上昇を抑える効果が期待されるトレハロースについては約13.5g/100g～18.8g/100g含まれており、品種間で大きな違いはみられなかった。一方、遊離アミノ酸である旨味成分のグルタミン酸や肝臓の働きを助ける効果が期待されているオルニチン等については、品種によって含有量が大きく異なっており、オルニチンについては福島N2号と福島N5号に多く含まれていた。イメージング質量分析では、トレハロースは子実体全体に分布しており、遊離アミノ酸のオルニチンやグルタミン酸はナメコの傘上部に多く分布していることが明らかとなった。

キーワード：ナメコ、成分組成、見える化

---

受付日 令和3年8月6日

受理日 令和3年12月28日

課題名 県産きのこの優良品種選抜と機能性の解明(県単課題 平成27年度～令和2年度)

## I はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故（以下原発事故という）により福島県産の栽培きのこや野生きのこの多くは出荷が制限され、生産者所得及び直売所等の販売収入は大きく減少している<sup>2)</sup>。農林水産省の調査<sup>6)</sup>によると、東京中央卸売市場での福島県産ナメコの販売単価は原発事故や風評による影響で大幅に下落しており、例えば2012年時の福島県産の販売単価を2008年とで比較すると5割程度まで減少した。その後、販売単価は回復しつつあるが、福島県産の販売単価は依然として全国平均を下回っており、生産者等の販売収入に影響を与えている。そのため、県産ナメコの消費拡大及び単価上昇による生産者等の販売収入の回復と増加が求められており、県産ナメコの付加価値を新たに見出すことが課題となっている。

ナメコを含むきのこ類には食後の血糖値の急上昇を押さえる効果が期待されるトレハロース<sup>3)</sup>や免疫力向上が期待されるβ-グルカン<sup>5)</sup>、旨味や機能性に関する遊離アミノ酸等<sup>1)</sup>も含まれており、食物繊維も豊富に存在していることから健康食品として注目されている。このため、福島県ではこれまでナメコのオリジナル品種として空調栽培用の福島N1号と福島N2号、原木栽培用の福島N3号と福島N4号、菌床自然栽培用の福島N5号と福島N6号の選抜を行ってきた。福島N1号は高温でも種菌が安定していること、福島N2号は菌柄が太く大型の子実体を発生できること、福島N3、N4号はコナラ原木でも収量が確保できること、福島N5、N6号は自然発生向けで天然ものに近い風味を有するなどの特徴をそれぞれ有している。さらに、福島N1、N2号を用いた機能性成分の分析により、栽培形態の違いによる抗酸化活性への影響も報告してきた<sup>8)</sup>。だが、県オリジナル品種を用いた遊離アミノ酸等の検討はされておらず、ナメコの付加価値の付与のためにはこれらの成分を明らかにすることが必要と考えられる。

そこで、本研究では、県産ナメコの消費拡大及び単価上昇による生産者等の増収を目的として、県オリジナル品種であるナメコのトレハロースと遊離アミノ酸の成分分析およびイメージング質量分析による栄養成分の可視化を行った。

## II 試験方法

### 1 使用した種菌及び栽培方法

#### (1) 供試菌

県オリジナル品種であるナメコ福島N1号～福島N6号を使用した。

#### (2) 栽培方法

##### ① 種菌について

種菌は当センターで培養したものをを使用した。種菌培地には広葉樹オガ粉とフスマを10:1（重量比）の割合で混合後、含水率を約65%に加水調整し、121℃で60分間殺菌したものをを使用した。殺菌後、一晩放冷してから植菌を行い、室温20℃、湿度65%程度の培養室で60日間培養したものを種菌とした。

##### ② 栽培培地について

栽培培地の組成は広葉樹オガ粉、フスマ、米ヌカを10:1:1（重量比）とし、広葉樹オガ粉は前日に軽く給水させ翌日にフスマと米ヌカを加え、含水率

が約 65%となるように加水調整した。培地は 800cc の PP ビンに 1 本当たり 520 ±20g 充填し、中央に接種孔を開け、殺菌（98℃60 分（蒸らし）と 121℃60 分（本殺菌））を行った。一晩放冷後、種菌の接種を行った。接種量は一瓶当たり 葉さじ大さじ 2 杯程度（20cc 程度）とした。なお、作成本数は各品種 32 本とした。

接種後は 20℃に設定した培養室において、表 1 に示す培養日数で培養後、発生操作（菌掻きと注水）を行い、室温 15℃湿度 100%に設定した発生室で子実体を発生させた。発生した子実体は栽培瓶ごとに採取し、真空パック後、冷凍保存した。

表 1 各品種の培養日数

| 培養日数（日） |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 福島N1号   | 福島N2号 | 福島N3号 | 福島N4号 | 福島N5号 | 福島N6号 |
| 80      | 80    | 120   | 120   | 90    | 90    |

## 2 子実体の成分分析

### (1) トレハロース

試料の調製と分析は委託して行った。調製及び分析方法については以下の通りとした。

ナメコ冷凍試料については凍結乾燥機で乾燥させ、ブレンダーを使用して粉碎後、全粉碎試料中 3 g を振とう管に投入し、エタノール溶液で振とう抽出後、遠心分離を行い、上澄み液を分取し、50 ml にエタノール溶液で定容した。

試料液は HPLC-MS で分析を行った。分析装置には株式会社エービー・サイエックス社製 3000QTRAP を使用し、溶出液は 10mM 酢酸アンモニウム溶液とアセトニトリルを 15 : 85 で混合した溶液を使用した。カラム温度は 40℃、試料液の注入量 5 μl とし、カラムには Intrada Amino Acid(粒径 3 μm、長さ 50 mm、内径 3 mm)を使用した。なお、分析試料の含水率はナメコ冷凍試料の重量測定後、105℃のオーブンをを用い、1 昼夜乾燥後、重量を測定し、含水率を算出した。

### (2) 遊離アミノ酸

ナメコ冷凍試料については凍結乾燥機で乾燥させ、ブレンダーで粉碎後、全粉碎試料中 0.5 mg と超純水 10 ml を振とう管に投入し、1 時間振とう抽出後遠心分離させ、上澄み液を 1500 μl 採取した。この上澄み液を 500 μl と 3%TCA（トリクロロ酢酸）500 μl をチューブに量り採り、遠心分離機で 20000 G の力で 10 分間遠心分離した。遠心分離後の上澄み液を 0.22 μm のシリンジフィルターでろ過し、アミノ酸分析検体とした。

アミノ酸分析には株式会社日立ハイテクサイエンス製 L-8800A 形高速アミノ酸分析装置を使用した。分析検体数は 1 菌株当たり 3 検体とした。注入量は 20 μl とし、ニンヒドリン発色溶液を使用したポストカラム誘導体化法により分析

を行った。なお、分析試料の含水率は凍結乾燥前の試料重と凍結乾燥後の試料重から算出した。

### 3 イメージング質量分析

イメージング質量分析とは試料に含まれている成分の分布を調査、可視化する分析方法である。

イメージング質量分析には超高速食品機能成分質量イメージング装置を利用した。はじめに採取したナメコを5 mm程度にスライスし、冷凍保存したのち、切片作成装置を用いて切片を作成した。ナメコ切片にマトリックスを塗布後、マトリックス支援レーザー離脱イオン化質量分析装置 (MALDI - MS) で分析を行った。

## III 結果及び考察

### 1 子実体の収量及び発生本数

ナメコ子実体の収量を図-1に示す。なお、収穫は初回発生のみとした。一瓶当たりの子実体収穫本数は7~32本、一瓶当たりの子実体発生重量は53.1 g~86.3 gだった。

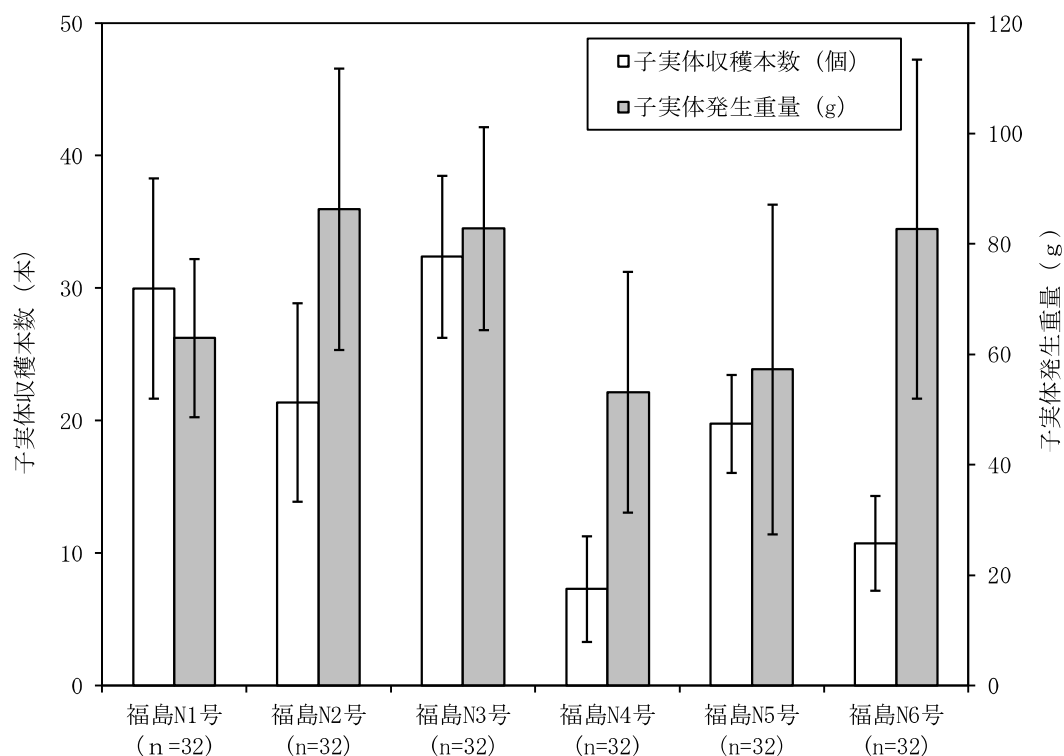


図-1 一瓶当たりの平均収量

※ n : 収穫できた栽培瓶の本数

## 2 子実体の成分分析

### (1) トレハロース

ナメコ子実体のトレハロース量を図-2に示す。ナメコ子実体の含水率は90～92%だった。乾燥重量100g当たりの平均トレハロース量は福島N1号で17.9g、福島N2号で18.8g、福島N3号で17.4g、福島N4号で15.9g、福島N5号で15.5g、福島N6号で16.1gだった。すべての供試品種のトレハロース含有量について多重比較検定(Turkey-Kramer検定)を用いて解析したが、各品種間に有意な差はみられなかった。よって、品種間にはトレハロース量に大きな違いはないと考えられた。

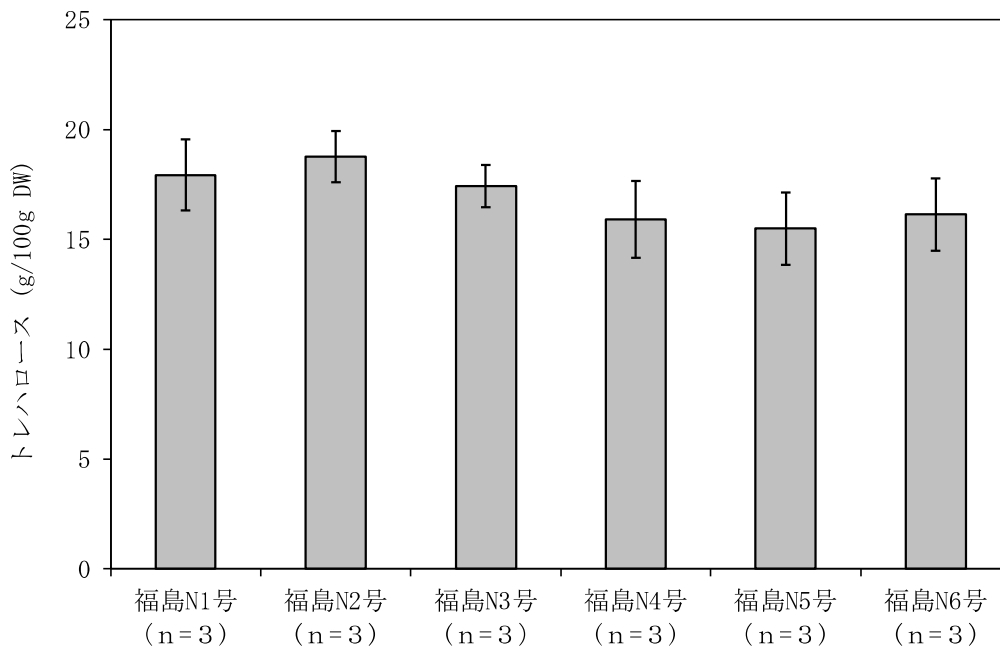


図-2 ナメコ子実体のトレハロース量(乾燥重量当たり)

※ n: 分析に供した栽培瓶の本数

## (2) 遊離アミノ酸

ナメコ子実体の遊離アミノ酸量を表-2に示す(含水率は90~92%)。ナメコ子実体にはグルタミン酸、アラニン、ロイシン、オルニチン、アルギニンが他のアミノ酸よりも多く含まれていた。品種によって含有量が大きく異なる成分があり、グルタミン酸やアラニン、バリン、シスチン、メチオニン、オルニチン、リシン等は品種間での含有量に2倍~40倍程度の差がみられた。特に肝臓の働きを助ける効果が期待されるオルニチンについては、福島N2号と福島N5号では630~700 mg/100g DW 含まれ、最も少ない福島N3号であっても190 mg/100g DW 含まれていた。旨味成分であるグルタミン酸についても174.3~467.8 mg/100g DW と含有量に大きな違いがみられた。

オルニチンはシジミに多く含まれていると一般的に知られているが、本結果とシジミの既報値<sup>7)</sup>を比較すると、シジミは約125 mg/100g DW であり、本県オリジナル品種のナメコはシジミの含有量を大きく上回っていることが明らかとなった。よって、肝臓への効果はシジミのみならずナメコにも期待され、特に福島N2号と福島N5号への期待は大きい。

このように、県オリジナル品種のナメコには付加価値の付与が可能なオルニチンや旨味成分であるグルタミン酸が含まれ、それらは品種によって含有量が大きく異なっていること、また、オルニチン量に関してはシジミよりも多く含まれていたことが確認された。

表一2 ナメコ子実体のアミノ酸含有量（乾燥重量当たり）

| 物質名           | アミノ酸 (mg/100g DW)     |                       |                       |                       |                       |                       |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|               | 福島N1号<br>(n=3)        | 福島N2号<br>(n=3)        | 福島N3号<br>(n=3)        | 福島N4号<br>(n=3)        | 福島N5号<br>(n=3)        | 福島N6号<br>(n=3)        |
| アスパラギン酸       | 62.96 ± 8.19          | 142.05 ± 11.37        | 102.23 ± 13.59        | 134.35 ± 21.90        | 140.28 ± 10.81        | 170.62 ± 83.36        |
| トレオニン         | 105.74 ± 9.15         | 213.60 ± 16.54        | 164.54 ± 14.29        | 179.76 ± 26.63        | 238.28 ± 13.11        | 204.92 ± 26.81        |
| セリン           | 122.55 ± 12.10        | 231.57 ± 17.84        | 176.04 ± 11.96        | 193.20 ± 25.58        | 265.94 ± 14.47        | 225.46 ± 26.75        |
| <b>グルタミン酸</b> | <b>174.27 ± 7.55</b>  | <b>420.37 ± 34.96</b> | <b>262.58 ± 12.72</b> | <b>389.41 ± 46.82</b> | <b>467.79 ± 10.21</b> | <b>393.72 ± 32.83</b> |
| サルコシン         | 10.72 ± 0.28          | 12.22 ± 0.57          | 13.71 ± 1.03          | 10.72 ± 0.82          | 14.39 ± 1.07          | 15.34 ± 1.54          |
| グリシン          | 66.80 ± 8.82          | 142.67 ± 13.11        | 103.61 ± 8.95         | 113.08 ± 19.06        | 171.01 ± 9.25         | 135.29 ± 21.03        |
| アラニン          | 266.43 ± 17.25        | 484.22 ± 26.53        | 369.22 ± 20.26        | 429.60 ± 39.88        | 512.47 ± 15.97        | 456.48 ± 10.52        |
| バリン           | 160.12 ± 10.34        | 297.54 ± 19.65        | 240.33 ± 18.83        | 252.67 ± 44.60        | 316.25 ± 30.36        | 288.94 ± 30.86        |
| シスチン          | 13.76 ± 2.28          | 28.80 ± 6.68          | 6.77 ± 3.11           | 34.94 ± 13.27         | 70.58 ± 30.07         | 29.60 ± 3.58          |
| メチオニン         | 64.27 ± 1.81          | 97.75 ± 5.66          | 92.10 ± 3.78          | 93.26 ± 8.30          | 116.04 ± 5.97         | 103.01 ± 5.98         |
| イソロイシン        | 132.46 ± 10.65        | 251.25 ± 16.79        | 198.70 ± 14.02        | 219.18 ± 28.00        | 286.32 ± 18.08        | 246.04 ± 26.53        |
| ロイシン          | 285.36 ± 17.93        | 472.10 ± 26.56        | 419.71 ± 20.38        | 458.55 ± 67.42        | 530.28 ± 35.47        | 514.36 ± 97.04        |
| フェニルアラニン      | 147.98 ± 16.52        | 107.99 ± 12.73        | 187.95 ± 22.04        | 73.45 ± 34.56         | 127.96 ± 7.65         | 78.09 ± 34.53         |
| GABA          | 22.09 ± 4.45          | 34.65 ± 6.15          | 36.79 ± 1.62          | 39.15 ± 8.50          | 58.55 ± 8.78          | 44.46 ± 15.15         |
| <b>オルニチン</b>  | <b>293.88 ± 46.55</b> | <b>627.82 ± 44.30</b> | <b>190.38 ± 33.46</b> | <b>352.20 ± 69.37</b> | <b>701.00 ± 36.42</b> | <b>298.38 ± 24.97</b> |
| リシン           | 4.41 ± 1.53           | 152.51 ± 8.00         | 38.08 ± 37.63         | 100.03 ± 64.76        | 195.68 ± 66.06        | 57.00 ± 62.85         |
| ヒスチジン         | 57.88 ± 8.50          | 129.26 ± 10.54        | 114.40 ± 8.37         | 101.29 ± 13.52        | 144.01 ± 6.68         | 111.59 ± 11.73        |
| アンセリン         | 18.70 ± 1.69          | 13.85 ± 1.05          | 13.22 ± 1.69          | 11.89 ± 2.10          | 7.50 ± 0.74           | 13.07 ± 2.62          |
| カルノシン         | 15.47 ± 0.77          | 18.16 ± 1.05          | 15.12 ± 0.77          | 19.20 ± 2.18          | 18.63 ± 1.29          | 20.44 ± 3.98          |
| アルギニン         | 255.91 ± 21.58        | 467.14 ± 39.14        | 343.90 ± 17.89        | 395.11 ± 46.55        | 504.35 ± 29.48        | 425.22 ± 24.21        |

各成分の含有量については平均値±標準偏差で表記

※n：分析に供した瓶の本数

### 3 イメージング質量分析

今回はイメージング質量分析により県オリジナル品種のナメコ子実体のトレハロースとオルニチン、グルタミン酸の分布について分析した。なお、イメージング質量分析の結果画像は試料内の相対的な分布を示しており、含有量との関係性は低いとされる。

トレハロースのイメージング画像から判断すると、トレハロースの分布は福島 N1 号のように全体にまんべんなく分布しているものと、福島 N3 号のように局所的に分布しているものがみられた。なお、前者については福島 N1、N2、N6 号、後者については福島 N3、N4、N5 号であった。

次にオルニチンやグルタミン酸の分析では、オルニチンは子実体の傘上部から傘表面にかけて局所的に分布していること、軸付近に薄く分布していることが確認できた。特に、福島 N3、N4、N5、N6 号では傘付近に多く分布し、福島 N1 号では傘に多く分布し軸にも分布していること、福島 N2 号では傘にも軸にも多く分布している特徴がみられた。グルタミン酸についても子実体表面に多く分布していたが、傘や軸内部にも若干分布していることが分かった。

このように遊離アミノ酸の分布が傘などの子実体の表面に集中していたことについて、既報<sup>4)</sup>ではナメコの粘着物に遊離アミノ酸が含まれていると報告されている。ナメコの粘着物が多く存在している子実体表面を中心に遊離アミノ酸が分布しているとすれば、トレハロースとオルニチン、グルタミン酸を損なわずに摂取するためには、洗いすぎや茹ですぎなどによるぬめりの損失を防ぐ必要があると考えられた。

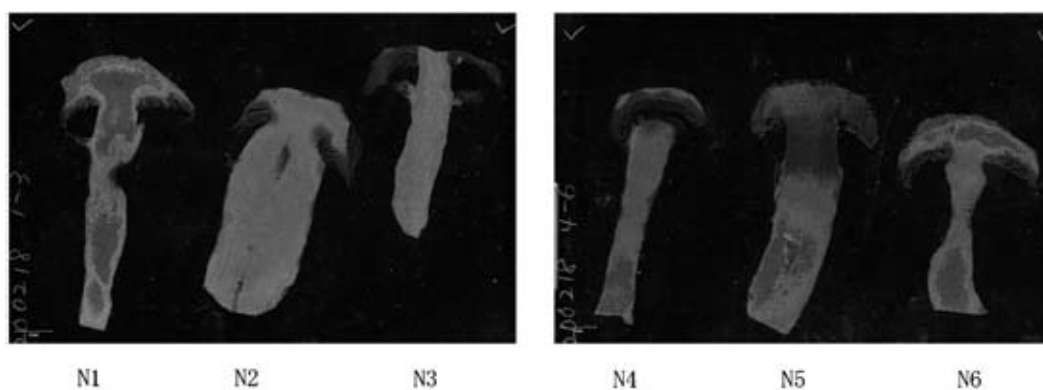


図-3 トレハロース分布画像



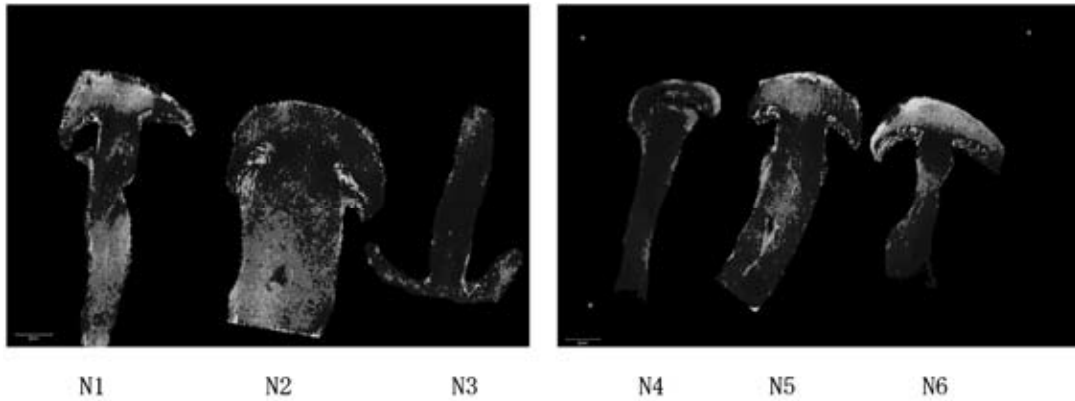


図-4 オルニチン分布画像

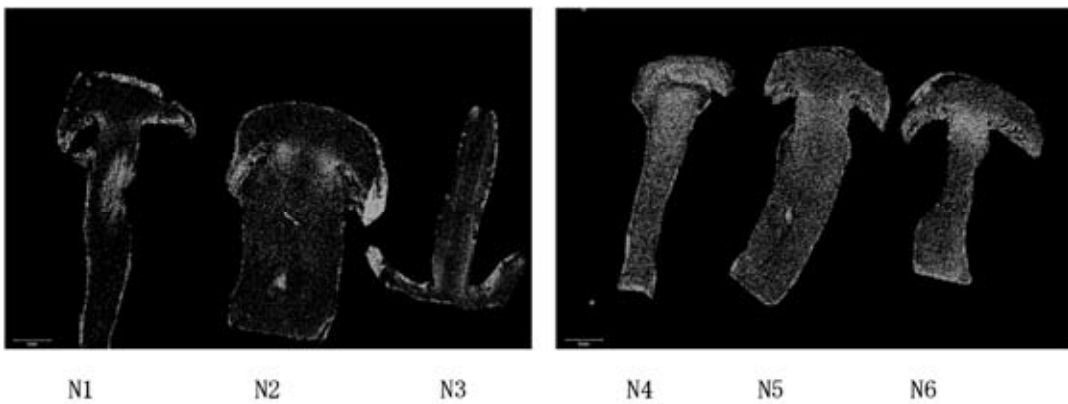


図-5 グルタミン酸分布画像

#### IV おわりに

ナメコの付加価値付与による消費拡大を目的として県オリジナル品種のナメコ福島 N1 号～福島 N6 号の成分分析とイメージング質量分析を行ったところ、ナメコには肝臓の働きを助けるオルニチンがシジミよりも多く含まれ、特に傘部分に多く含まれていることが分かった。また、トレハロースは子実体のほぼ全域に分布しており、品種間で含有量に大きな違いはみられなかった。よって、ナメコには機能が期待されるオルニチンやトレハロースが含まれており、これらを PR することでナメコへの付加価値の付与が期待できると考えられた。また、これらの成分を効率的に摂取するためには、洗いすぎなどによるぬめりの損失を防ぐ必要があると示唆された。

本研究ではナメコの遊離アミノ酸とトレハロースを対象に分析を行ったが、ナメコにはβ-グルカンなどの機能性成分も多く含まれている。ナメコのさらなる付加価値の付与のためにはこれらの含有量分析と併せてイメージング分析を行い、成分の存在を視覚的に訴えていくことも必要である。また、これら機能性成分等を積極的に PR することがナメコの消費拡大につながると考えられた。

## V 謝辞

本研究の遂行にあたり、栄養成分のイメージング質量分析にご協力いただいた国立大学法人福島大学農学群食農学類食品科学コースの平教授および鹿野技官にお礼を申し上げます。

## VI 引用文献

- 1) 阿部宏樹ら(1980) 天然食用キノコ類のエタノール抽出画分における遊離および結合型アミノ酸の分布. 栄養と食糧 33(3) :169-176.
- 2) 福島県農林水産部. “福島県農林水産業の現状”. 2020年7月.  
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/397015.pdf>.
- 3) 原島哲(2017) トレハロースの生理作用の探索—始まりからメカニズムにせまる最新の研究まで—. 日本応用糖質科学学会誌 7(2) :91-96.
- 4) 石沢清(1966) ナメコの粘着物に関する研究(第1報). 栄養と食糧 19(5) :53-60.
- 5) 木方正(2002) キノコが身体によいわけ. 薬学図書館 47(1) :48-51.
- 6) 農林水産省食料産業局. “きのこ類に関する流通実態分析”. 2018年3月28日. <https://www.maff.go.jp/shokusan/ryutu/attach/pdf/180328.pdf>.
- 7) 岡本成司ら(2012) 生息域を異とする涸沼川水系産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* のエキス成分および潮汁の食味の比較. 日本水産学会誌 73(3) :444-453.
- 8) 武井利之ら(2009) ナメコ有効成分を増強する栽培技術. 福島県林業研究センター研究報告 42 :1-11.