

研究論文

あいちの赤カブを利用した発酵漬物製造法について

石川健一^{*1}, 森 昭博^{*1}, 西田淑男^{*2}Development of a Processing Method
for the Lactic Acid Fermented-Pickles Using Red Turnips of AICHIKenichi ISHIKAWA^{*1}, Akihiro MORI^{*1} and Yoshio NISHIDA^{*2}Food Research Center, AITEC^{*1*2}

地産地消運動の高まりとともに、愛知県特産の野菜を活用した、従来製品と差別化（高付加価値化）できる製品の開発が求められている。わが国では赤カブは古くから栽培されているが、温暖な愛知県では一般的ではなかった。そこで温暖地でも栽培可能な3品種の赤カブを用い、あえて乳製品を製造するのに使用される乳酸菌(*Lactobacillus casei* L-14 株)を接種して発酵漬物を製造した。原料、および発酵赤カブ漬について、遊離アミノ酸、有機酸などの呈味成分、DPPH ラジカル捕捉能（抗酸化性）などの分析、及び官能試験を行った。その結果、「つがる紅」は原料、発酵漬物ともに抗酸化性が高く、官能試験（歯切れ）の評価が高かった。しかし、冬季に岐阜県高山市で栽培された「飛騨紅カブ」と比較すると、遊離アミノ酸含量が低く、温暖地で栽培しても遊離アミノ酸含量が高くなる赤カブの育種が必要と考えられた。

1. はじめに

近年、地域資源に関心が高まっており、健康ブームとあいまって地域農産物が注目されている。そのなかで赤カブはわが国の気候、国土に生育が合致し、凶荒時でも生育するために、古くから栽培されてきた。赤カブは全国で多くの品種が存在し、あまり品種改良されずに地域に根付いているのが特徴といえる。「飛騨紅カブ」などの赤カブは寒冷気候に対し、アントシアニンを増加させる性質があり¹⁾、さらにコマツナなど²⁾と同様に寒気にさらすことによって、糖などの低分子物質が増加するものと考えられる。これらのことが岐阜県高山市周辺で特産品である「赤カブ漬」の風味向上に大きく貢献している。一方で愛知県は肥沃な濃尾平野、知多半島、渥美半島などがあり、温暖な気候のため農業生産に適した地域であるが、高温にやや弱い赤カブの栽培には、耐暑性品種の選択などの対策が必要である。

また、赤カブ漬は岐阜県高山市などの寒冷地であれば、冬季に赤カブを長期間漬け込むことで、腐敗や酸敗することなく、原材料由来の乳酸菌による発酵（自然発酵）が緩やかに進行する。しかし、愛知県など温暖地で発酵漬物を製造するためには、乳酸菌をスターターとして接種し、発酵を温度管理することが必要不可欠である³⁾。

そこで、今回は多くの赤カブ品種のうち、温暖地でも栽培可能な3品種について遊離アミノ酸含量、有機酸、機能性（抗酸化性）などを測定し、さらに乳酸菌スター

ターを用いた発酵漬物への加工適性について検討することとした。

2. 実験方法

2.1 使用した赤カブ、及び前処理方法

愛知県農業総合試験場（愛知郡長久手町）の園芸試験ほ場で栽培された「あかくら蕪」（福種株式会社）、「つがる紅」（丸種株式会社）、「愛真紅1号」（株式会社武蔵野種苗園）、の3品種の赤カブを用いた。栽培方法は露地栽培とし、9月中旬に播種し、10月下旬に収穫したもの（46日間栽培品）を用いた。それぞれの葉部を除去し、赤カブ（根部）を用いた。

この赤カブを水道水（流水）でよく洗浄しながら、ひげ根や茎、変色部分を完全に除去し、20Lの漬物用容器に水道水とともに入れた。ここへ次亜塩素酸ナトリウム溶液を有効塩素 100mg/L となるように加え、さらに酢酸を 1000mg/L となるように加えて、30分間放置して殺菌を行った。これをよく水洗し、次亜塩素酸ナトリウムや酢酸を完全に除去したのち、赤カブを厚さ約 5mm に切断した。

2.2 赤カブの下漬、及び発酵方法³⁾

切断した赤カブ 2.1kg を、10% (W/w) 食塩水 0.7kg と共に、20L 容量の漬物桶に入れて、中蓋と 4 kg の重石 2 個を載せた。これを 10℃、24 時間の条件で漬けた（下漬）。下漬の完了した赤カブ漬から漬汁を除去し、4%

^{*1} 食品工業技術センター 保蔵技術室 ^{*2} 食品工業技術センター 保蔵技術室（現産業労働部 新産業課）

(W/w) 食塩水を 460mL 加えた。ここへ、乳酸菌 (*Lactobacillus casei* L-14 株) を 10^7 /g となるように接種した。そして、再度重石を載せて発酵させた。発酵は、当初は適度な酸を生成させるため 15℃で 6 日間とし、その後、遊離アミノ酸等の成分の増加を目的に、10℃で 14 日間追発酵した (熟成)。

2.3 分析用試料の調製

赤カブ (46 日間栽培品)、発酵赤カブ漬をそれぞれ細断して直ちに 5g サンプルングし、75%エタノールを 20mL 加えて 80℃で 20 分間還流抽出した。冷却後に上澄みを回収し、残渣に 75%エタノール 20mL を加え、再び 80℃で 20 分間還流抽出した。この抽出操作を 3 回繰り返し、上澄みを 75%エタノールで 100mL にメスアップした。この溶液を 10mL とり、ロータリーエバポレーターで、40℃条件下で乾固し、蒸留水 10mL を加えて、孔径 $0.45\mu\text{m}$ セルロースアセテートフィルターでろ過し、測定用試料とした (必要に応じて、蒸留水で希釈した)。

2.4 遊離アミノ酸組成の分析

アミノ酸自動分析計 (株式会社日立製作所製 L-8500 型) を用い、測定用試料を供し、得られたピーク面積、高さを標準溶液と比較して濃度を計算した。

2.5 有機酸の分析

高速液体クロマトシステム (株式会社島津製作所製 LD-10AD 型) を用い、赤カブ漬の漬汁をそのまま孔径 $0.45\mu\text{m}$ セルロースアセテートフィルターでろ過して試料とした。得られたピーク面積、高さを標準溶液と比較して濃度を計算した。

2.6 DPPH ラジカル捕捉能 (抗酸化性) の測定⁴⁾

測定用試料 0.1mL、MES バッファー (pH6.0) を 0.15mL、50%エタノール溶液 0.5mL を混合し、ここへ 2mM DPPH (1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル) 溶液を 0.3mL 加えて放置した。その後、波長 520nm における吸光度を測定し、Trolox 標準溶液 (0～4.0mg/100mL) の結果と比較し、試料 100g あたりのラジカル捕捉能を Trolox 相当量として求めた。

2.7.1 官能試験 (原料赤カブ)

9 月中旬に播種し、11 月中旬に収穫 (61 日間栽培品) した「あかくら蕪」、「つがる紅」、「愛真紅 1 号」の 3 品種をよく水洗し、厚さ 0.5～1 mm に輪切りにしたものを官能試験に供した。方法は、3 点嗜好試験法 (順位法) とし、色、歯切れ、香り、うま味、甘み、苦味、総合評価の 7 項目で実施した⁵⁾。

2.7.2 官能試験 (発酵赤カブ漬)

2.2 で述べた「つがる紅」と「愛真紅 1 号」の発酵漬物について、2 点嗜好試験法で、色、歯切れ、香り、うま味、甘み、酸味、総合評価の 7 項目で官能試験を行っ

た⁵⁾。なお、「あかくら蕪」は発酵途中で一部腐敗したため、除外した。

3. 実験結果及び考察

3.1 遊離アミノ酸組成

赤カブの遊離アミノ酸組成について表 1 に示した。3 品種間比較ではグルタミン酸 (Glu) の量は「つがる紅」が最も高く、グルタミン (Gln) 量は「愛真紅 1 号」が高かった。遊離アミノ酸の合計量は「つがる紅」は低かった。

表 1 赤カブ (生) の遊離アミノ酸組成

Amino Acid	つがる紅	あかくら蕪	愛真紅 1 号
Asp	3.0	5.1	3.6
Hy-Pro	0.0	0.0	0.0
Thr	5.4	3.4	4.8
Ser	3.6	7.2	4.7
Asn	3.5	5.3	3.6
Glu	41.7	34.0	37.4
Gln	39.2	56.6	70.5
Pro	0.0	5.4	0.0
Gly	1.8	2.1	1.7
Ala	10.6	11.8	10.4
Met	0.7	2.0	0.0
Ile	2.6	3.1	2.2
Leu	1.1	1.7	1.0
Tyr	1.5	1.8	1.3
Phe	2.2	2.4	2.3
GABA	2.9	1.8	1.6
Trp	0.0	0.0	0.0
Lys	1.2	2.0	1.2
His	2.0	3.0	1.6
Arg	1.8	1.6	1.6
合計	124.8	150.3	149.5

分析値 (mg/100g)

冬季に岐阜県高山市で栽培収穫された「飛騨紅カブ」⁶⁾と、今回使用した 3 品種の赤カブの遊離アミノ酸組成、含量を比較したところ、愛知県で栽培されたものは、アスパラギン酸 (Asp)、グルタミン酸 (Glu)、グルタミン (Gln) の含量がかなり低いことが明らかとなった。先述したように、「飛騨紅カブ」は寒冷な条件下では、糖やアミノ酸などの低分子を増加させ、凍結から組織を防御しているためと考えられた。しかし、9 月中旬～10 月下旬の愛知県長久手町周辺は極めて温暖であり、そのような赤カブの防御機構が作用しないために遊離アミノ酸

量が低いと考えられた。従って、温暖地で栽培しても遊離アミノ酸量が高くなる赤カブの育種が必要と考えられた。

発酵赤カブ漬の遊離アミノ酸組成について表2に示した。生の赤カブと比較して、アスパラギン酸(Asp)、アラニン(Ala)、ロイシン(Leu)、 γ -アミノ酪酸(GABA)などの量が増加し、遊離アミノ酸の総量も大きく増加した。一方、グルタミン酸(Glu)量はあまり変化が無く、グルタミン(Gln)は減少した。

表2 発酵赤カブ漬の遊離アミノ酸組成

Amino Acid	つがる紅	あかくら蕪	愛真紅1号
Asp	9.7	12.0	8.0
Hy-Pro	0.0	7.4	8.4
Thr	7.1	6.9	6.7
Ser	6.5	8.9	5.7
Asn	3.6	5.7	3.5
Glu	46.8	47.6	44.9
Gln	24.1	30.0	28.1
Pro	4.8	7.1	5.1
Gly	6.5	8.1	5.3
Ala	19.4	22.4	17.9
Met	2.8	5.7	4.3
Ile	6.4	8.0	5.8
Leu	11.7	14.8	9.7
Tyr	6.5	9.1	6.6
Phe	8.1	10.2	7.1
GABA	16.2	16.7	11.1
Trp	0.0	1.5	0.0
Lys	9.2	11.3	7.1
His	3.4	4.1	2.5
Arg	8.7	9.7	7.1
合計	201.5	247.1	195.2

分析値 (mg/100g)

3.2 有機酸

発酵赤カブ漬汁の有機酸分析の結果、乳酸は0.6～0.7g/100mL、酢酸が0.01～0.02g/100mLの濃度であり、品種間での差はほとんどなかった。

3.3 DPPH ラジカル捕捉能 (抗酸化性)

赤カブ、発酵赤カブ漬のDPPHラジカル捕捉能(抗酸化性)の測定結果を図1に示した。赤カブ、発酵赤カブ漬、いずれも「つがる紅」が高い抗酸化性を有することが明らかとなった。「つがる紅」を用いた赤カブ漬は赤色が強く、抗酸化性を有する水溶性色素であるアントシアニンが多く含まれているためと考えられた。しかし、今

回は75%エタノール抽出溶液を用いて分析したため、アントシアニン以外の溶出成分の影響も考えられる。

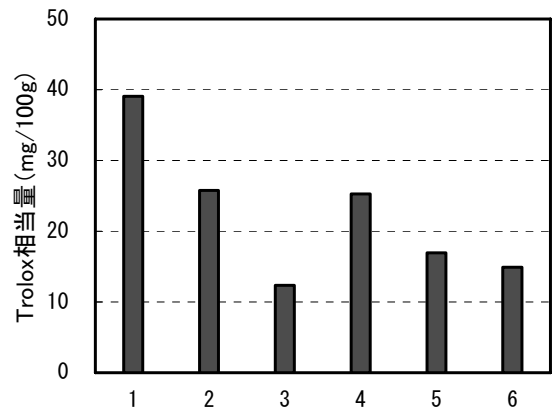


図1 赤カブ、発酵赤カブ漬の抗酸化性の測定結果

1. つがる紅 (生)、2. あかくら蕪 (生) 3. 愛真紅1号 (生)、4. つがる紅 (発酵漬物)、5. あかくら蕪 (発酵漬物)、6. 愛真紅1号 (発酵漬物)

3.4 官能試験

原料赤カブ、及び発酵赤カブ漬の官能試験の結果を、表3、表4に示した。

赤カブサラダの官能試験の結果、歯切れは有意水準5%のとき、「あかくら蕪」よりも「つがる紅」の方が好まれた。同じく歯切れについて有意水準5%の時、「あかくら蕪」よりも「愛真紅1号」の方が好まれた。また、発酵赤カブ漬の官能試験の結果、歯切れについては、有意水準1%で「つがる紅」が好まれた。総合評価については、有意水準5%で「つがる紅」が好まれた。

発酵赤カブ漬については、「つがる紅」と「愛真紅1号」との比較では、有意水準1%で「つがる紅」の歯切れが好まれ、有意水準5%で「つがる紅」の総合評価が高かった。

表3 原料赤カブの官能試験結果

項目/品種	つがる紅	あかくら蕪	愛真紅1号
色	52	41	51
歯切れ	38	66	40
香り	46	45	53
うま味	51	46	47
甘み	54	41	49
苦味	46	51	47
総合評価	46	52	46

※パネラー数は24人とした。

※各項目について、「つがる紅」、「あかくら蕪」、「愛真紅1号」のうち、一番よいと判断したものに1、次点を2、

劣るものに3の数値を付与し、その投票数の合計を示した。

表4 発酵赤カブ漬の官能試験結果

	つがる紅	愛真紅1号	有意差
色	14	5	-
歯切れ	16	3	* *
香り	14	5	-
うま味	10	9	-
甘み	11	8	-
酸味	13	6	-
総合評価	15	4	*

※パネラー数は19人とした。

※各項目について、「つがる紅」、「愛真紅1号」のうち一番よいと判断した人数の合計を示した。

***：有意水準(危険率)0.1%で有意差あり

**：有意水準1%で有意差あり

*：有意水準5%で有意差あり

-：有意差なし

「あかくら蕪」は「万木カブ」と「飛騨紅カブ」から育種され1981年に種苗登録されたF1品種である⁷⁾。「飛騨紅カブ」よりも組織が軟らかく、皮部が赤く内部が白いため、見た目の良さから浅漬などの加工に適している。しかし、重石を乗せて長期間発酵させることで漬かりすぎて歩留まりが悪くなること、色素が流失してしまうために紅白の色合いが無くなる(全体に桃色となる)ことなどの問題がある。また、生(サラダ)の官能試験では「つがる紅」と「愛真紅1号」の歯切れは差がなかったが、発酵漬物に加工すると「つがる紅」の方が好まれた。一般に野菜を酸の存在下で長期にわたって漬け込むと、変色や軟化がおこりやすくなるが、発酵漬物は一定の堅さを要求される。「つがる紅」は発酵させても堅さが維持されていることから、発酵漬物用として適していると考えられた。

4. 結び

わが国には地域固有の農産物が数多く存在し、これを活用した地域ブランドづくりが各地で盛んである。そこで多くの品種が存在する赤カブについて、温暖な愛知県で栽培しても容易に生育し、遊離アミノ酸が豊富で、発酵漬物への加工適性にすぐれた品種の選択について検討した。今回は、温暖地での栽培に適している「あかくら蕪」、「つがる紅」、「愛真紅1号」の3品種の赤カブについて、愛知県農業総合試験場で秋季に露地栽培したものについて検討した。その結果は以下のとおりであった。

(1) 遊離アミノ酸分析を行ったところ、3品種の中で「つがる紅」のグルタミン酸含量がやや多く、DPPHラジカル捕捉能(75%エタノール抽出液)は「つがる紅」が最も高かった。しかし、冬季に岐阜県高山市で栽培された「飛騨紅カブ」と比較すると、グルタミン酸含量は低い値であり、温暖地でも遊離アミノ酸などの味覚成分を大きく増す新品種育成が必要と考えられた。

(2) 3品種の赤カブ(生)について、官能試験(嗜好調査)を行ったところ、歯切れについては「あかくら蕪」が他の2種類のカブよりも好まれなかった。

(3) 「つがる紅」を下漬し、乳酸菌(*Lactobacillus casei* L-14株)を接種して15℃で6日、その後10℃で14日間発酵させた。この発酵赤カブ漬の抗酸化性、官能試験を行ったところ、「愛真紅1号」よりも高い評価が得られた。

謝辞

本研究は、愛知県農業総合試験場園芸研究部、並びに東海漬物株式会社との共同研究で、平成19年から実施した「農工連携研究促進事業 機能性野菜の開発とそれを活用した加工食品の試作」の成果の一部である。

原材料の赤カブの入手についてご配慮いただいた愛知県農業総合試験場園芸研究部、丹羽昌二主任はじめ、関係各位に深く感謝申し上げます。

文献

- 1) 松本正雄ら：野菜園芸大百科 10 ダイコン・カブ，P276 (2004)，農山漁村文化協会
- 2) 佐藤睦人，荒川市朗，佐藤正一：寒締め野菜の高品質化シナリオの策定と生産支援システムの開発，福島県農業試験場野菜部，(2004)
- 3) 石川健一，加藤丈雄，小宮孝志：日本食品科学工学会誌，**46**，311 (1999)
- 4) 篠原和毅，鈴木建夫，上野川修一編集：食品機能研究法，P218 (2000)，光琳
- 5) 古川秀子：おいしさを測る 食品官能検査の実際，付表7 (1994)，幸書房
- 6) 円谷悦造，渡辺篤，正井博之：日本食品工業学会誌，**29**，202 (1982)
- 7) 松本正雄ら：野菜園芸大百科 10 ダイコン・カブ，P298 (2004)，農山漁村文化協会