

平成22年度

食品加工に関する試験成績

平成23年8月

福井県食品加工研究所

目 次

I	「あきさかり」のおいしさを引き出す栽培法の確立…………… 1 あきさかりの食味関連成分の特徴
II	県産ラッキョウの付加価値を高めるラッキョウフルクタン活用技術の開発…………… 3 ラッキョウフルクタンの脂質代謝酵素阻害活性の検討
III	福井県産米粉の利用を広げるおいしさ長持ち技術の開発…………… 5 1. 県産米粉の品種別製パン特性 2. 粒厚 1.9 mm未満米の製パン特性 3. すり身に対する米粉の添加割合の検討
IV	県育成乳酸菌 FPL2 の耐酸性機構の解明とウメ食品開発への応用…………… 12 1. FPL2 の耐酸性機構の解明 2. FPL2 への塩分耐性の付与 3. 原料酒および原料梅が梅酒製造に及ぼす影響
V	県産六条大麦を使ったビール醸造技術の確立…………… 23 県産六条大麦（ファイバースノウ）ビール醸造技術の確立
VI	アオリイカ養殖技術の開発…………… 25 アオリイカの成分について
VII	県産水産物の鮮度管理・保持技術の開発…………… 27 サワラの成分について
VIII	サワラ回遊・生態調査と利用加工技術開発 …………… 29 サワラの落とし身について
IX	農林水産業者等提案型共同研究「健康長寿食品の開発」…………… 31 発芽大豆を使ったGABA含有納豆の開発

あきさかりの食味関連成分の特徴

佐藤有一

キーワード：あきさかり，食味，成分

目 的

水稲新品種「あきさかり」を他県産よりも有利に販売していくため、米の食味や付加価値を向上させる栽培技術を確立する。

今年度は、昨年度の結果に基づき糠層の厚さや米粒の外層部と内層部での成分組成等を調査し、あきさかりの特徴を明らかにする。

実験方法

1. 供試材料および精米

平成 21, 22 年度福井県農業試験場栽培部で栽培されたあきさかりおよびコシヒカリを用いた。

精米はトーヨーテスター精米機 MC-90A を用い、150 g の玄米を歩留り別に調製した。

外層と内層を分離するためサタケ製テストミルにて、90%歩留りの精米を研削し外層部 20%と内層部 80%に分離した。

2. 糠層の染色 (MG 染色)

15 mL のコニカルチューブに精米 5 g を採り、水に浸し直ちに水を切り、MG 溶液 (メイグリユンワルド染色液：メチルアルコール=1:1) 5mL を加え 1~2 分振とうを行い、3~5 回アルコールで洗浄した。

3. 糊化特性の分析

ラピッドビスコアライザーを用い 50 mesh を通過した精米粉 3.5 g (水分 14%換算) に水 25 mL を加え、160 rpm, 5 °C 1 min 保持, 93 °C まで昇温 4 min, 93 °C 7 min 保持, 50 °C まで冷却 4 min, 50 °C 3 min 保持の条件で測定した。

4. 糖, アミノ酸の分析

精米粉 0.5 g を 15 mL のコニカルチューブに精秤し、80 %エタノール 5 mL 加え、沸騰水中で 30 分抽出する。この抽出液を用い糖は F-Kit でグルコース, フルクトース, シュクロースを定量し, アミノ酸は抽出液を乾固後 0.02 M 塩酸水溶液で溶解後アミノ酸分析計 L-8500 で測定した。

5. タンパク組成の分析

精米粉 20 mg を 1.5mL エッペンチューブに採り、抽出バッファー (50 mM Tris-HCl pH6.8, 8 M urea, 5% 2-mercaptoethanol, 4 % SDS) 800 μ L を加え一晚抽出後、15,000 rpm 5 min 遠心分離の上澄み 5 μ L をアクリルアミド 12.5 %濃度の SDS-PAGE で分離した。

結果および考察

1. 精米歩留りと糠層

図 1 で示すように、削るほど (精米歩留りが低下) MG 染色により a*値 (赤味) が増加し、コシヒカリよりあきさかりが同一精米歩留りでは a*が高く赤味が強い性質を示し糠層が薄い可能性を示した。

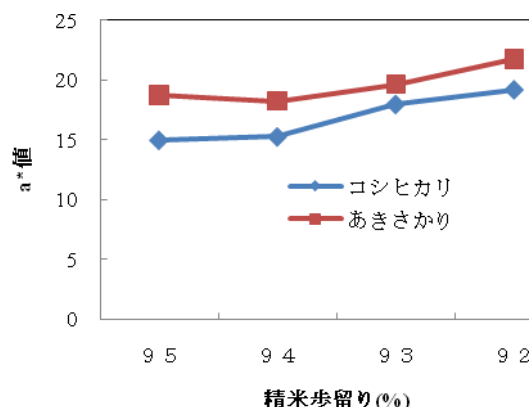


図 1 精米歩留り別 MG 染色後の白米の a*値

2. 部位別成分含量

あきさかり, コシヒカリとも外層部のタンパク質濃度は、全体の 2 倍近く濃度が濃かった。

外層部のタンパク質の占める割合は約 40 %で、両者の差はほとんどなかった。

旨味, 甘味に関与すると考えられる糖, 遊離アミノ酸を調査したところ, 糖の中でもシュクロースが高い濃度で外層部に含まれていた (表 2)。

一方, 遊離アミノ酸は非常に低い濃度で (表 3), あきさかり, コシヒカリの品種差は特には認められなかった。

品種	部位	タンパク質	タンパク含有率
	全体	4.8	
あきさかり	外層(20%)	10.3	39.2
	内層(80%)	4.0	60.8
	全体	5.2	
コシヒカリ	外層(20%)	11.1	38.7
	内層(80%)	4.4	61.3

	グルコース	フルクトース	シュクロース
あきさかり	25	23	1310
コシヒカリ	22	18	1350

	Asp	Ser	AspNH2	Glu	Ala
あきさかり	3.5	2.3	2.9	6.5	9.3
コシヒカリ	3.7	2.9	4.3	7.9	7.0

3. 部位別 RVA 特性

部位別の RVA を測定したところ、内層部や全体と比べて外層部の糊化開始温度が 8 °C ほど低く、最高粘度が 1/5 程度しかなかった。

また 0.01M CuSO₄ 溶液を用い、酵素の影響を除いて測定しても値は大きく変わることはなかった (データ未掲載)。

外層部のタンパク含量が高いことはすでに明らかにしたが、外層部に糖が多いことを踏まえれば、未熟のデンプンが多いことも考えられ、今後さらに検討が必要であると思われる。

あきさかりとコシヒカリでは RVA の値に大きな差は認められなかった。

品種	部位	糊化開始温度	最高粘度	ブレークダウン
あきさかり	全体	72.9	462	259
	外層(20%)	65.7	88	57
	内層(80%)	72.9	479	262
コシヒカリ	全体	72.9	459	259
	外層(20%)	64.4	85	56
	内層(80%)	72.9	498	279

4. タンパク組成

コシヒカリ、あきさかりのタンパク組成を SDS-PAGE を用い調査したが、写真に示すようにバンドの濃さに目立った際は認められなかった。

また、外層部のタンパク組成を同様に調査したがその差もほとんどなかった (写真未掲載)。

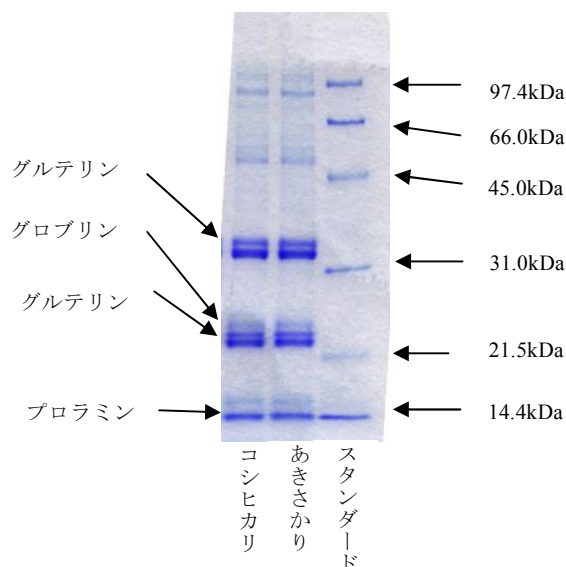


写真 米タンパク質の SDS-PAGE の結果

参考文献

- 1) 農研機構: 搗精度評価性能向上のために改良したニューMG 試薬染色法, 研究成果情報, 平成 11 年度
- 2) 豊島英親ほか: ラピッド・ビスコ・アナライザーによる米粉粘度特性の微量迅速測定方法に関する共同試験, 日食工, 44, (8), 579 (1997)
- 3) 中央農研: 貯蔵タンパク質含有量を低減させた組換えイネ, 研究成果情報, 2002
- 4) 関矢博幸ほか: 白米中プロラミン含量と食味関連成分との関係, 日本土壤肥料学会講演要旨集, 42, 321 (1996)
- 5) 米の食味とプロラミン, 京都府農資センターだより, 6 号, 22p, 2002

これまで、ラッキョウに含まれる多糖類フルクタンの理化学的性質とその生理機能について明らかにし、それらを活用した製品の実用化を図ってきた。フルクタンは水溶性食物繊維であり、中性脂肪・コレステロール低下、血糖値抑制効果などを明らかにしてきたが、これらの機能は他の水溶性食物繊維素材にもみられることから、フルクタンを機能性素材としてさらに事業化を進めるには、糖代謝や脂質代謝における作用機序を明らかにし、新たな機能を見だし、より付加価値の高い製品を開発してゆく必要がある。そこで、仁愛大学と共同研究を行い、関連産業の創出、育成に寄与する。

1. ラッキョウフルクタンの脂質代謝酵素阻害活性の検討

大浦 剛, 小林恭一, 谷 政八*

*仁愛大学人間生活学部

キーワード： フルクタン, リパーゼ阻害, ラッキョウ

目 的

これまでにラッキョウフルクタンの機能として、血中コレステロールやトリグリセリドの低下作用等が明らかとなっており、¹⁾フルクタンの脂質代謝における作用機序を明らかにするために、今回はリパーゼ阻害活性について検討した。

実験方法

1. 試料

既報²⁾によりラッキョウから調製したフルクタン、市販のイヌリン、レバン、ポリデキストロース、フルクトオリゴ糖、フルクトース

2. 試料の調製

試料 0.8 g を 10 mL の McI Ivaine 緩衝液 (0.1 M, pH7.4) に溶解し、8.0 mg/mL の濃度の検体溶液とした。イヌリンは、常温で溶解しないため、湯煎し溶解させた。

3. リパーゼ阻害活性の測定

基質溶液として 0.1 mM の 4-メチルウンベリフェリルオレエートを含む McI Ivaine 緩衝液 (0.1 M, pH7.4) を使用し、酵素として豚膵臓リパーゼ (Sigma Type II) を使用した。基質溶液 100 μ L に、検体溶液 (0 μ L, 10 μ L, 20 μ L, 30 μ L, 40 μ L, 50 μ L), McI Ivaine 緩衝液 (50 μ L, 40 μ L, 30 μ L, 20 μ L, 10 μ L, 0 μ L) および豚膵臓リパーゼ (0.0085 mg/mL in McI Ivaine 緩衝液) 100 μ L を加え、全量を 200 μ L とし、摂氏 37 度で 20 分間酵素反応をさせた。反応後、0.1 mol/L HCl 1.0 mL を加え、酵

素反応を停止させ、次にクエン酸ナトリウム溶液で反応液を pH 4.3 に調整した後、基質から生成した 4-メチルウンベリフェロンの蛍光を蛍光マイクロプレートリーダー (IWAKI EZS-FL) により、励起波長 355 nm、蛍光波長 460 nm で定量した。阻害率は以下の計算式により算出した³⁾。

$$\text{阻害率} = (a-b) \times 100/a$$

a : 対照の蛍光強度 (検体溶液 0 μ L)

b : 検体の蛍光強度

フルクタンのリパーゼ阻害活性の IC₅₀ 値を求めるため、上記の方法で算出した阻害率の値をプロットし、その近似曲線式により、IC₅₀ 値を算出した⁵⁾。

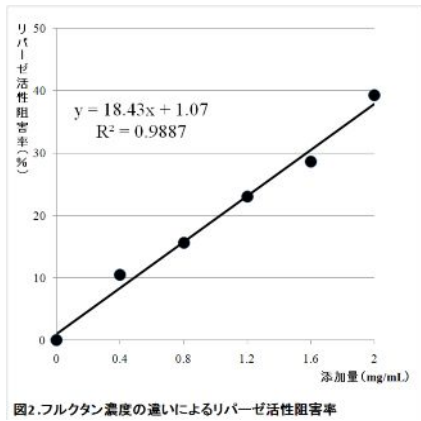
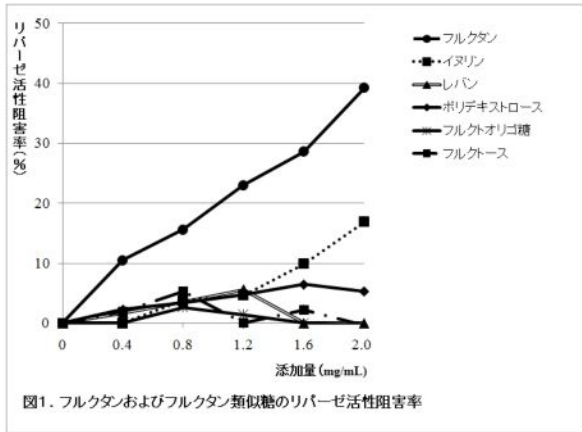
結果および考察

図 1 のとおり、ラッキョウフルクタンは添加量に依存してリパーゼ活性が低下し、リパーゼ阻害活性を有した。また、イヌリンも濃度依存的に阻害効果が認められたがラッキョウフルクタンに劣った。イヌリン以外のフルクタン類似糖について、リパーゼ阻害活性は認められなかった。

図 2 のとおり、フルクタンのリパーゼ阻害活性の阻害率の値をプロットした近似曲線式は、

$$y=18.43x+1.07 (R^2=0.9887)$$

であり、この近似曲線式より IC₅₀ 値を算出した結果、フルクタンのリパーゼ阻害活性の IC₅₀ 値は、2.7 mg/mL であった。



参考文献

- 1) 小林恭一, 科学と工業, **79** (4), 175~180pp, (2005)
- 2) 福井県, 特許公報, 3111378, (2000)
- 3) 志村進ほか, 日食工誌, **41**(8),561~564pp, (1994)
- 4) 広瀬統ほか, 公開特許公報, 322051, (2002)
- 5) 中井正晃ほか, 肥満研究, **11**, (1), 88~90pp, (2005)

近年、米の消費拡大を目的とした新規用途開発として米粉が注目を集めている。福井県内では米粉パンを主体に利用が図られているが、米粉パンは短期間で硬くなるため、廃棄率が高く、老化が問題となっている。また、米粉ならではの特色を生かした製品開発に役立つ情報として、米粉加工適性の解明が求められている。この課題では、米粉加工食品の老化防止技術の開発と品種毎の米粉加工特性を解明することを目的としている。

1. 県産米粉の品種別製パン特性

中川 友里

キーワード：米粉、品種、製パン性

目的

米の消費拡大が望まれる中、福井県でも各地で米粉および加工品の製造、販売が広まっている。しかし、県内の米粉に関する品質や技術に関する情報は少なく、製粉業者、食品加工業者、農業生産法人等は独自の原料米や加工方法によって生産している。今回、原料米品種が与える米粉および米粉パンの特性を調査し、米粉利用促進の参考とする。

試験方法

1. 供試材料および米粉調製

福井県の主食用米の主要水稻品種としてコシヒカリ、ハナエチゼン、イクヒカリ、あきさかり、新形質米のニューヒカリおよび飼料用の多収性水稻品種の北陸193号を供試した。これらは福井県農業試験場および嶺南振興局管内で栽培されたもので、水分15%以下に乾燥調製した玄米を使用した。精米は㈱サタケ製精米機(MCM-250)を用いて約90%まで搗精した。米粉は乾式気流粉碎機(スカイミルネードジャパン製)により製粉した。

2. 米粉特性

タンパク質はセミマイクロケルダール法に準じて窒素を定量し、タンパク質変換係数5.95を乗じて算出した。アミロース含量は標準にもち米粉とポテトアミロースを混合した粉を用い、ヨウ素呈色法¹⁾により定量した。損傷澱粉率は米粉100mgを損傷澱粉測定キット(Me gazyme社 K-SDAM)を用いて測定した。色調はミノルタ製色差計 CM-3500d を用いて反射測定し、 $L^*a^*b^*$ 表色系で表した。さらに、W(白色度)を $100 - \sqrt{(100-L^*)^2 + (a^{*2} + b^{*2})}$ ²⁾により算出した。粒度分布は

レーザー回析散乱式粒度分布測定器(セイシン企業 LMS-2000e)を用いて乾式で測定し、分布している粒子径の中央値を中位径として評価した。糊化特性は豊島ら³⁾の方法に準じて、米粉3.5g(水分14%換算)にイオン交換水25mLを加えてラビット・ビスコ・アナライザー(Newport Scientific社)を用いて測定した。ファリノグラフ吸水率はファリノグラフ(Brander社)を用いて米粉ミックス粉(米粉とグルテンの混合割合を重量比80:20、水分13.5%換算)300g使用時の500BU吸水率を、小麦粉生地⁴⁾の物理性の検定⁴⁾に準じて測定した。

3. 米粉パンの製造

各品種6点について米粉パンを製造した。原料配合は表1に示した通りとした。製造には自動ホームベーカリー(パナソニック SD-BH103)を用い、米粉パン(小麦あり)コースにより山形食パンを作成した。焼成後の米粉パンは室温(約20℃)で放冷し、1時間後にポリエチレン袋に入れ20℃で保管した。翌日、菜種置換法⁵⁾により体積を測定し、重量を除いて比容積(パンの体積(mL)/パンの重量(g))を算出した。

表1 米粉パンの配合

原料	配合比(%)
米粉ミックス粉	100
砂糖	6
ショートニング	5
スキムミルク	3
塩	2
ドライイースト	1.7
脱イオン水	ファリノグラフ500BU吸水率

※米粉ミックス粉は米粉とグルテンを80:20(重量比、水分13.5%換算)で配合したもの

表2 米粉成分と特性

品種	タンパク質(%) [※]	アミロース含量(%) [※]	損傷澱粉率(%) [※]	米粉の色調				中位径(μm)
				L*	a*	b*	W(白色度)	
コシヒカリ	5.3	17.2	21.6	94.1	-0.6	3.7	93.0	28.4
ハナエチゼン	5.9	18.2	19.6	94.0	-0.7	3.8	92.8	34.0
イクヒカリ	5.3	16.5	20.6	93.9	-0.7	3.9	92.7	26.8
あきさかり	5.0	17.3	20.9	94.1	-0.7	3.9	92.9	30.9
ニューヒカリ	6.0	10.9	20.4	93.9	-0.8	4.0	92.6	24.7
北陸193号	5.8	16.6	17.2	92.5	-0.5	4.8	91.1	20.1

値は1試料3反復の平均値を示す(中位径を除く)
 ※：米粉水分13.5%換算値で示す

表3 米粉の糊化特性

品種	糊化特性				
	最高粘度(RVU)	最終粘度(RVU)	ブレイクダウン(RVU)	セツバック(RVU)	糊化開始温度(°C)
コシヒカリ	362	252	210	100	72.7
ハナエチゼン	382	290	210	118	71.5
イクヒカリ	394	276	226	108	73.2
あきさかり	394	276	223	105	72.1
ニューヒカリ	374	213	244	83	70.5
北陸193号	398	245	255	92	73.1

値は1試料3反復の平均値を示す

4. 官能評価

焼成後、室温で放冷し1時間後ポリエチレン袋に入れ、密封して20℃で保存した。1日後、クラムを切り出し、試験に供した。色相、外観、香り、味、柔らかさ、もちもち感、総合を評価項目とし、コシヒカリを標準として-2~+2の5段階評価を行った。パネラーは食品加工研究所の職員10~12名とした。

5. 米粉パンの物性測定

焼成後20℃で0~3日間保存し、縦・横・高さを4cm×4cm×2cmに切り出したクラムの硬さをレオメーター(レオテック製NRM-2010J-CW)を用いて測定した。測定条件は直径30mmの円盤型プランジャー、スピード6cm/min、レンジ2Kで25%圧縮した時の応力を硬さ(g)とした。測定は5回以上行い、平均を求めた。焼成後0~3日における硬さの増加量を近似曲線から平均硬化速度として算出した。

結果および考察

1. 米粉成分および特性

米粉のタンパク質含量は品種によって異なり、5.0~6.0%であった(表2)。アミロース含量は低アミロース品種であるニューヒカリで10.9%、その他の品種は中アミロース米であり16.5~18.2%であった。損傷澱粉率は、北陸193号で最も低く17.2%、他は19.6~21.6%の範囲であった。今回の製粉条件は洗米なしの

精白米を乾式粉砕で行ったため、湿式粉砕と比べて損傷澱粉率は高い値になったと考える。今回の供試品種ではタンパク質やアミロース含量と損傷澱粉率との間に明確な相関はなかった。米粉の色調は、北陸193号でb*値が高く(黄色が強い)、白色度は他の品種に比べて低くなった。

2. 米粉の粒度分布

各品種の粒度分布を図1に示す。北陸193号のみ他の供試品種と異なる分布を示し、中位径は20.1μmと最も小さかった(表2)。他の中位径は24.7~34.0μmの範囲であった。同じ製粉条件で製粉した結果、飼料用稲である北陸193号が他の供試供試品種に比べ、損傷澱粉率が低く、中位径が小さいことから、崩れやすい(粉砕しやすい)米であることが示唆される。

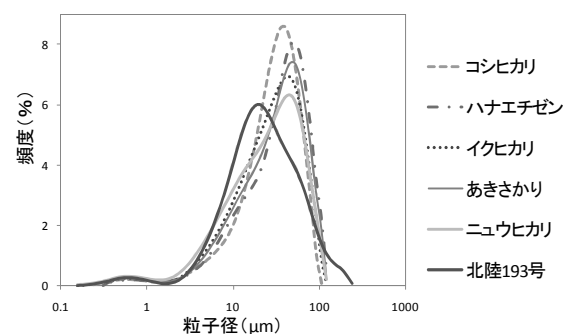


図1 米粉の粒度分布

3. 米粉の糊化特性

米粉の糊化特性は品種差がみられた(表 3)。コシヒカリに比べ、ハナエチゼン、イクヒカリ、あきさかりは最高粘度、最終粘度、ブレイクダウンおよびセットバックが同等かそれより高かった。一方、ニューヒカリと北陸 193 号は最高粘度とブレイクダウンが高く、最終粘度とセットバックは低かった。アミロース含量と RVA の最高粘度、ブレイクダウン、セットバックとの間にはそれぞれ有意な相関があることが既に報告されている⁶⁾が、今回の供試品種では北陸 193 号を除いた品種で、アミロース含量とブレイクダウン、セットバックとの間にのみ同様の傾向がみられた。従来から糊化特性は米飯の老化を示す指標とされており、他と比べて明らかにアミロース含量の低いニューヒカリは RVA 値で老化しにくい性質を示した。一方、北陸 193 号は他の品種と異なる傾向であった。糊化特性は損傷澱粉が高い米微粉ほど粘度が低くなることが報告されている⁷⁾。北陸 193 号は他の品種と比べて損傷澱粉も低いことから、このことも RVA 値に影響を受けているのではないかと考える。

4. 製パン特性

ファリノグラフ吸水率は、84.0~90.2 %の範囲で若干差がみられた(表 4)。ファリノグラフ吸水率は粒度、損傷澱粉量、アミロース含量およびタンパク質含量のうち、アミロース含量との間に最も高い相関が認められたことを報告されている⁸⁾が、今回の試供品種では、損傷澱粉率との相関が強かった。また、前述のとおり湿式粉碎に比べ損傷澱粉率が高いため、それに伴ってファリノグラフ吸水率も全体的に高い値を示した。ファリノグラフ吸水率から加水量を求め、生地の硬さを

一定にして焼成したパンの形状を図 2 に示す。比容積はニューヒカリで 2.65 mL/g と小さく、他は 3.11~3.40 mL/g の範囲であった。飼料用種である北陸 193 号も、コシヒカリ等の主食用米とほぼ同等の膨らみのパンが作成できた。

表4 製パン特性

品種	ファリノグラフ 吸水率(%)	比容積 (mL/g)
コシヒカリ	89.0	3.18
ハナエチゼン	89.8	3.40
イクヒカリ	89.3	3.26
あきさかり	89.7	3.11
ニューヒカリ	90.2	2.65
北陸 193 号	84.0	3.28

値は 1 試料 3 反復の平均値を示す

5. 官能評価

米粉パンの官能評価の結果を表 5 に示す。コシヒカリと比べて品種毎の特徴は、ハナエチゼンはクラムの色が白く、あきさかりは色および外観で優れる。イクヒカリとニューヒカリはモチモチ感が強く、総合評価も高くなった。一方、北陸 193 号は色相の項目で劣るものの、他の項目ではほぼ同等の評価を得た。クラムの色相は米粉の色調に必ずしも一致しておらず原料米の成分や特性から影響を受け、モチモチの食感は一アミロース含量からの影響ではないかと考えている。味に関しては今回の供試品種で大きな差はなかった。

6. 米粉パンの硬さ

米粉パンの硬さの変化を図 3 に示す。ニューヒカリを除く 5 品種のパンは、焼成後の日数に伴い、直線的に硬さが増加した。一方、ニューヒカリは明らかに増加量が小さかった。硬化速度を算出したところ、コシ



コシヒカリ ハナエチゼン イクヒカリ あきさかり ニューヒカリ 北陸 193 号

図 2 品種毎の米粉パンの形状

表 5 官能評価

実施日	品種	色相	外観	香り	味	柔らかさ	モチモチ感	総合
	コシヒカリ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4月12日	ハナエチゼン	0.58*	0.17	0.08	-0.08	0.42	0.17	0.08
n=12	イクヒカリ	0.08	-0.08	-0.08	0.08	0.17	0.42*	0.50*
	あきさかり	0.58*	0.58*	-0.25	-0.17	0.42	0.08	0.00
4月19日	ニューヒカリ	0.10	0.30	0.10	0.30	0.60*	0.60*	0.60*
n=10	北陸 193 号	-0.64*	0.18	0.45*	0.00	0.00	-0.18	0.18

*: t 検定を行い 5 %水準で有意差あり

ヒカリ，ハナエチゼン，あきさかり，北陸193号は硬化速度が比較的速く，次にイクヒカリ，ニューヒカリは他に比べて明らかに硬化速度は遅くなった。米粉パンの硬度は米粉のアミロース含量と相関が認められたとの報告⁸⁾があり、同様の傾向を示した。

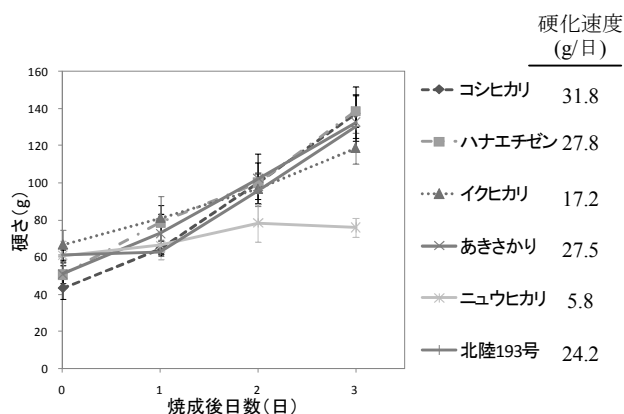


図3 米粉パンの硬さの変化と硬化速度

以上の結果から，福井県内で主食用として主に生産されている中アミロース米は，製粉条件と生地の硬さを一定にすれば，ほぼ同等の膨らみの米粉パンが製造できることが分かった。それぞれの特徴としては，炊飯米と同様に，コシヒカリと比べてハナエチゼンやあきさかりは白く，イクヒカリはモチモチとした食感があった。また，飼料用に育成された多収性稲の北陸193号は主食用米に比べて粉碎しやすく，コシヒカリに比べて同等もしくはそれ以上の膨らみのパンが製造できた。官能評価の結果は，色は劣っていたが，味や食感には問題なかった。他方，新形質米である低アミロースのニューヒカリは，膨らみは不良であるが，硬くなりにくい性質を持っていることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Juiano, B.O.: A simplified assay for milled rice amylase, *Cereal Sci. Today*, **12**, 344~360(1971)
- 2) 畑明美: 新・食品分析法, 日本食品科学工学会編, 光琳, 770~771(1995)
- 3) 豊島英親, 岡留博司, 大坪研一, 須藤充, 堀末登, 稲津脩, 成塚彰久, 相崎万裕美, 大川俊彦, 井ノ内直良, 不破英次: ラピッド・ビスコ・アナライザーによる米粉粘度特性の微量迅速測定法に関する共同試験, *食科工*, **44**, 579~584(1997)
- 4) 柴田茂久: 食品分析法, 日本食品工学会編, pp619~629, 光琳(1982)
- 5) 金谷昭子: フローチャートによる調理科学実験・実習, pp5~8, 17, 医歯薬出版(1984)
- 6) 青木法明, 梅本貴之, 鈴木保宏: グルテン添加米粉パンにおける多収性稲品種に製パン特性, *食科工*, **57**, 107~113(2010)
- 7) 長沼誠子: 米粉の理化学的性質および調理特性に及ぼす微粉化の影響, 秋田大学教育文化学部研究紀要, **58**, 29~35(2003)
- 8) 高橋誠, 本間紀之, 諸橋敬子, 中村幸一, 鈴木保宏: 米の品種特性が米粉パン品種に及ぼす影響, *食科工*, **56**, 22~30(2009)

2. 粒厚 1.9 mm以下のふるい下米の製パン特性

中川 友里

キーワード：米粉，製パン性，ふるい下米

目的

福井県では 2010 年産米から，米選別機のふるい目を 1.85 mm から 1.9 mm に切り替えて主食用米の大粒化が進められており，ふるいの下に落ちる小粒の米の増大が見込まれる．そこで，ふるいの下に落ちた米の有効利用の参考とするため，粒厚 1.9 mm 以下のふるい下米について製パン特性を調査した．

試験方法

1. 供試材料および米粉調整

2010 年に福井県大野市で生産されたコシヒカリを供試した．水分 15 % 以下に乾燥調製された玄米を米選別機で 1.9 mm のふるいにかかけ，ふるい上米とふるい下米に分けた．それらを(株)サタケ製精米機(MCM-250)を用いて約 90 % まで搗精し，乾式気流粉碎機(スカイミルネードジャパン製)により製粉して米粉を得た．

2. 米粉特性

前述の品種別製パン特性の方法と同様に行った．

3. 米粉パンの製造

前述の品種別製パン特性の方法と同様に行った．

4. 官能評価

前述の品種別製パン特性の方法と同様に行った．

5. 米粉パンの物性測定

前述の品種別製パン特性の方法と同様に行った．

結果および考察

1. 米粉成分および特性

表1 米粉成分と特性

区分	タンパク質(%)*	アミロース含量(%)*	損傷澱粉率(%)*	米粉の色調				中位径(μm)
				L*	a*	b*	W(白色度)	
ふるい上米	5.5	17.4	19.9	93.5	-0.7	4.0	92.4	31.1
ふるい下米	5.4	17.2	17.3	92.8	-0.8	5.1	91.1	32.4

値は 1 試料 3 反復の平均値を示す(中位径を除く)

表2 米粉の糊化特性

区分	糊化特性				
	最高粘度(RVU)	最終粘度(RVU)	ブレイクダウン(RVU)	セットバック(RVU)	糊化開始温度(°C)
ふるい上米	408	285	230	108	71.9
ふるい下米	371	286	196	111	72.4

値は 1 試料 3 反復の平均値を示す — 9 —

ふるい上米とふるい下米ではタンパク質とアミロース含量はほぼ同じであった(表 1)．損傷澱粉率はふるい下米で 2.6 % 低く，粉碎しやすいと考えられる．米粉の色調はふるい下米で a* 値が低く b* 値が高く，黄緑色が強いことが分かった．

2. 米粉の粒度構成

米粉の粒度分布を図 1 に示す．ふるい上米とふるい下米はほぼ同じ粒度構成を示した．

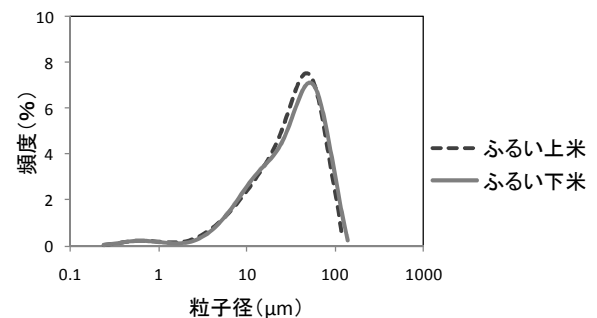


図 1 米粉の粒度分布

3. 米粉の糊化特性

ふるい上米に比べ，ふるい下米は最高粘度が低く，ブレイクダウン値が小さくなった(表 2)．最終粘度，セットバック，糊化開始温度はほぼ同じであった．要因については明らかではない．

4. 製パン特性

ファリノグラフ吸水率はふるい下米で若干低くなった(表 3)．ふるい上米とふるい下米の米粉でタンパク質とアミロース含量はほぼ同等であり，損傷澱粉率が

表3 製パン特性

区分	ファリノグラ フ吸水率(%)	比容積 (mL/g)	クラムの色調			
			L*	a*	b*	W(白色度)
ふるい上米	88.2	3.26	83.1	-1.3	16.7	76.2
ふるい下米	86.5	3.43	81.2	-1.4	17.1	74.5

値は1試料3反復の平均値を示す

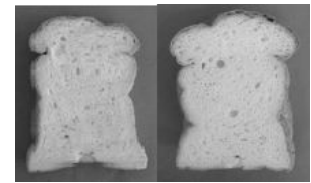


図2 粒厚の違う米粉パンの形状

吸水率に影響を与えていると考えられる。すなわち、ふるい上米に比べふるい下米の方が損傷澱粉率が低いことで、吸水率も低くなった。米粉パンの形状を図2に示す。ふるい下米でもふるい上米のパンと同等以上の膨らみのパンが作成できた。

5.官能評価

官能評価では、各項目において有意差を認めるものはなかった(データ省略)。クラムの色調を米粉と同様に色差計により測定したところ、ふるい下米のパンはb*値が高く黄みを帯びていたが、官能評価ではふるい上米と同等の評価であった。

6.米粉パンの硬さ

パンの硬さは焼成2,3日後はふるい下の方が若干低い値を示したが、ほぼ同じ増加量を示した。

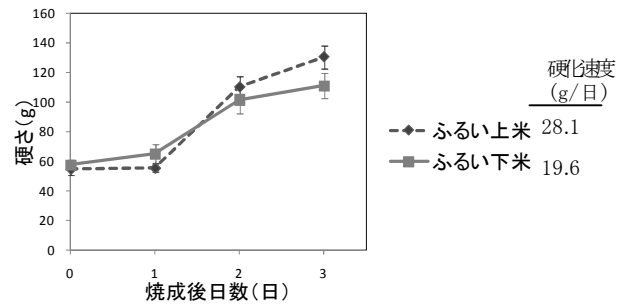


図3 米粉パンの硬さの変化と硬化速度

以上の結果から、1.9mmのふるいから落ちたふるい下米とふるい上米を比べると、ふるい下米の方が、損傷澱粉率は若干低くなり崩れやすいことが分かった。パンを作成すると、ふるい下米を使用した方が膨らみはわずかに良好となり、官能評価でもふるい上米のパンと同等の評価を得た。ふるい下米の米粉およびパンのクラムは若干黄みを帯びていたが、精米歩合を低くすることで黄色みは落ちると推測する。

3. すり身に対する米粉の添加割合の検討

田中 ゆかり

キーワード：米粉，すり身，

目 的

米粉の特徴を付与した水産練り製品開発のために，すり身に米粉を加えた場合の物性変化を検討した。

測定方法

1) 供試材料

(1)スケソウダラすり身：むぎや蒲鉾より冷凍品を購入したものを5℃で自然解凍した。

(2)米粉：コシヒカリ米粉（パールライス社製）を用いた。

2) サンプルの調製

Kitchenaid社の混捏機を用い，原料すり身400gを5分間空摺りしたのち，すり身に対し2%の食塩を加え，10分間塩摺りした。

米粉の分量は，試験区A50g，試験区B100g，試験区C150g，試験区D200g，試験区E250gとした。米粉は水に溶いて入れ，10分間混捏し，全体の水分が約75%になるように調製した。

この生地を直径3cmのクレハンケーシングに詰め結さくし，蒸気で30分蒸し，5℃で保存し，試作品とした。

官能評価，ゼリー強度，折り曲げテストは，試作後5℃48時間保存後に行った。

3) 品質評価

山澤正勝らの方法¹⁾によった。

ゼリー強度はサンプルを25mmの厚さに切って，5mmφのプランジャーでレオメーターにより測定した。官能では足の強さや歯切れを評価し，5:極めてつよい，4:強い，3:普通，2:やや弱い，1:極めて弱い，とした。

折り曲げテストは，試作品を5mmの厚さに切ったものを，4つ折りで亀裂がないものを5，二つ折りで亀裂がないものを4，二つ折りで徐々に亀裂が入るものを3，二つ折りですぐに亀裂が入るものを2，ゆびで押すと崩れるものを1とした。

結果および考察

48時間後の各試験区の物性，官能評価を表1に示した。米粉の添加量が多くなるほどゼリー強度，官能評価による足の強さは低下し，折り曲げテストでも亀裂が入りやすくなった。特にすり身に対して米粉の量が37%以上となるC,D,E区ではゼリー強度，官能評価，折り曲げテストの値は極端に低下した。

参考文献

1) 山澤正勝ら編：「かまぼこ その科学と技術」，pp328-348，恒星社厚生閣(2003)

表1 米粉の添加量と物性の変化(48時間後)

試験区	混合割合		水分 (%)	ゼリー強度 (g・cm)	官能評価	折り曲げテスト
	すり身 (g)	米粉 (g)				
A	400	50	75.0	659.1	4	5
B	400	100	75.2	293.3	2	3
C	400	150	75.0	49.5	1	2
D	400	200	74.9	106.0	1	1
E	400	250	74.7	68.9	1	1

当研究所で分離育成された乳酸菌FPL2は、耐酸性が高く梅果汁など強酸性条件下でも発酵することができる。しかしながら、FPL2の耐酸性は塩分やアルコールなどのストレスが共存すると低下してしまうため、ウメの主要加工用途である梅干しや梅酒への応用には課題が残されている。本研究では、FPL2の耐酸性に関与する機構や要因の解明を通して複数ストレス環境下での発酵の安定化方法を検討するとともに、耐塩および耐アルコール性の付与に取り組み、乳酸発酵を活用した梅加工食品の開発を目指す。

1. FPL2の耐酸性機構の解明

久保義人

キーワード：乳酸菌，FPL2，耐酸性，ATPase，脂肪酸組成，クエン酸

目 的

FPL2の耐酸性は、塩分やアルコールなど他のストレスにより低下する。この原因を推定し耐酸性の安定化に資することを目的に、耐酸性に関与する機構や要因の特定を試みた。

実験方法

1. 使用菌株および培地

当研究所育成株FPL2を使用した。比較用の類縁株には、*Lactobacillus plantarum* NRIC1067 Type strain および*Lactobacillus pentosus* NRIC1069 Type strain(いずれも東京農業大学より分与)を使用した。通常の培養にはMRS培地(Difco)を使用し、培養温度は35 °Cとした。生菌数の計測には、BCP加プレートカウンタアガール(日水製薬)を使用した。脂肪酸添加培養ではTween80不含GYP培地を使用し、脂肪酸の添加量は0.5 g/Lとした。

2. 耐酸性の評価

耐酸性の評価には、MRS培地で培養した菌体を使用した。耐酸性評価用試験液にOD₆₀₀が0.1となるように各菌を添加し、20 °Cでの生菌数の変化を測定した。試験液には1 %クエン酸-20 %グルコース液(pH 2.7)または0.1 M酒石酸-酒石酸ナトリウム緩衝液(pH 2.7)を使用した。クエン酸、グルコース、リンゴ酸の添加試験では、0.1 M酒石酸-酒石酸ナトリウム緩衝液にクエン酸(終濃度1 %)、グルコース(同2 %)、リンゴ酸(同

1 %)を加え、pH 2.7に調整した液を使用した。阻害剤添加試験では、0.1 mM DCCD (N,N'-dicyclohexylcarbodiimide) または10 µg/L セルレニンを添加したMRS培地で培養した菌体を使用し、培養と同濃度の阻害剤を添加した0.1 M酒石酸-酒石酸ナトリウム緩衝液(pH 2.7)中での耐性を評価した。

3. ATPase活性測定

MRS培養菌体約0.4 gを2 mLの破碎用緩衝液(2.5 mM MgCl₂を含む50 mM Tris-HCl, pH 7.0)に懸濁し、Protase Inhibitor Cocktail (Sigma)を加えて30分間超音波破碎した。破碎処理後12,000 x g, 1分間の遠心分離を行い、菌体残渣を分離した上清を粗酵素液とした。活性測定は佐々木らの方法¹⁾を参考に、以下の方法で行った。4 mM MgCl₂を含む20 mM Tris-HCl緩衝液中で5 mM ATPを基質とし、反応開始後5分まで1分間ごとに反応液の一部を採取し遊離する無機リン酸を定量した。酵素反応の停止は終濃度1 mol/Lの塩酸にて行い、リン定量発色液には2.5 mol/L硫酸:2.5 %モリブデン酸アンモニウム:3 %硫酸水素ナトリウム-1 %p-メチルアミノフェノール塩酸塩:水(1:1:1:4 v/v)を使用し、吸光度の測定波長は700 nmとした。ATPase活性は1分間に遊離される無機リン酸量として算出した。粗酵素液のタンパク含量はQuick Start Bradford Protein Assay (BioRad)を用い、牛血清アルブミンを標準として定量した。

4. 菌体脂肪酸組成

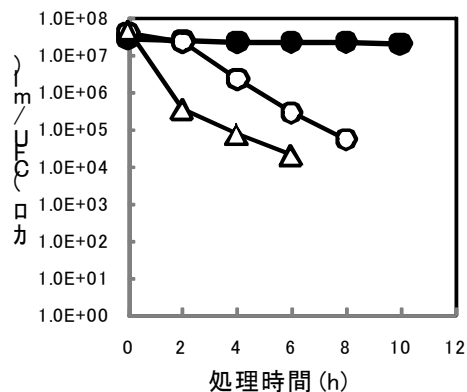


図1 近縁株との耐酸性比較

● FPL2 ○ *Lb. plantarum* △ *Lb. pentosus*

培養菌体約0.1 gを水で洗浄後凍結乾燥したものを試料とした。脂肪酸の抽出およびメチルエステル化は脂肪酸メチルエステル誘導体化キット(ナカライテスク)を使用し、測定はGCにて行った。標準試料はGLC reference standard 60 (フナコシ)を使用し、脂肪酸組成はクロマトグラムから得られる面積値の比率として算出した。GC条件は、分離カラム:InertCap225 (0.25 mm × 30m, ジーエルサイエンス), キャリアガス: He (7 mL/min), スプリット比1:13, 検出器: FID, 昇温条件: 50 °C, 5分→昇温20 °C/min.→200 °C, 27分保持とした。

5. 各種成分の測定

有機酸の定量は、島津有機酸測定システム(島津製作所)を使用した。糖類の測定は高速液体クロマトグラフを使用し、カラムはShim-pack SCR101C (7.9 ×

表1 ATPase活性の比較

Strain	Specific activity (nmol/min/mg protein)
FPL2	13
<i>Lb. plantarum</i>	11
<i>Lb. pentosus</i>	3

表2 菌体内脂肪酸組成の比較

		FPL2	<i>Lb. plantarum</i>	<i>Lb. pentosus</i>
laurate	C12:0	0.4 ± 0.3	1.0 ± 0.9	0.5 ± 0.5
miristate	C14:0	5.4 ± 0.2	4.2 ± 0.4	4.4 ± 0.4
palmitate	C16:0	9.5 ± 0.2	4.7 ± 0.4	8.2 ± 0.1
	unknown	nd	1.0 ± 0.0	0.3 ± 0.2
palmitoleate	C16:1	1.5 ± 0.0	7.0 ± 0.3	2.1 ± 0.2
stearate	C18:0	2.0 ± 0.1	1.7 ± 0.1	2.1 ± 0.1
oleate	C18:1(9)	31.1 ± 1.5	31.6 ± 2.6	35.3 ± 0.5
vaccenate	C18:1(11)	5.8 ± 1.3	12.4 ± 0.4	11.5 ± 1.5
	unknown	44.3 ± 0.2	35.7 ± 2.7	34.8 ± 1.8
arachidate	C20:0	nd	0.7 ± 0.4	0.8 ± 0.0

・5回の異なる試験の平均値(%)±標準偏差

・nd: 未検出

300 mm, 島津製作所), 移動層は水を使用し, 検出は示差屈折にて行った。

結果および考察

1. FPL2の耐酸性

小林らは16S rRNA配列の比較により, FPL2は*Lb. plantarum*あるいは*Lb. pentosus*に分類されると推定している²⁾。これら近縁株とFPL2の耐酸性の差異を確認するため, 比較試験を行った。FPL2は梅果汁を発酵する能力を有していることから, 耐酸性の比較にはウメ糖抽出液の組成を参考にした1%クエン酸-20%グルコース液(pH 2.7)を使用した。図1に示すように, 近縁株の耐酸性は低く試験開始以降短時間のうちに生菌数の減少が認められた。特に*Lb. pentosus*は試験開始2時間で生菌数が1%程度にまで減少しており, 3株の中で最も低い耐酸性を示した。*Lb. plantarum*の生菌数は開始後2時間までは緩やかな減少であったが, それ以降死滅速度は速くなった。一方, FPL2の生菌数は殆ど変化しておらず, 他の2株とは異なる高い耐酸性を示した。

2. 近縁株との比較による耐酸性機構の推定

乳酸菌の耐酸性に関しては胃酸耐性を中心に多くの報告がなされており, 耐酸性に係わる機構や要因として, ATPase活性³⁾, 菌体脂肪酸組成⁴⁾, グルコース代謝⁵⁾, クエン酸代謝⁶⁾等が報告されている。FPL2は近縁株に比べて高い耐酸性を示すことから, 3株間での比較によるFPL2の耐酸性機構の推定を試みた。

最初に, 乳酸菌において菌体内プロトン(H⁺)の排出を担っているATPase活性を比較した。ATPase活性はFPL2が最も高く, *Lb. pentosus*の4倍程度の活性を有していた(表1)。このことから, *Lb. pentosus*に対して

FPL2の耐酸性が高い要因にATPase活性が寄与していることが推測できる。

一方, FPL2と*Lb. plantarum*の耐酸性は大きく異なっているにもかかわらず, 両者のATPase活性はほぼ同等であった。*Lb. plantarum*の生菌数は試験開始後2時間程度までは維持されていることから, ATPaseによる耐酸性機構は主に短時間で作用して

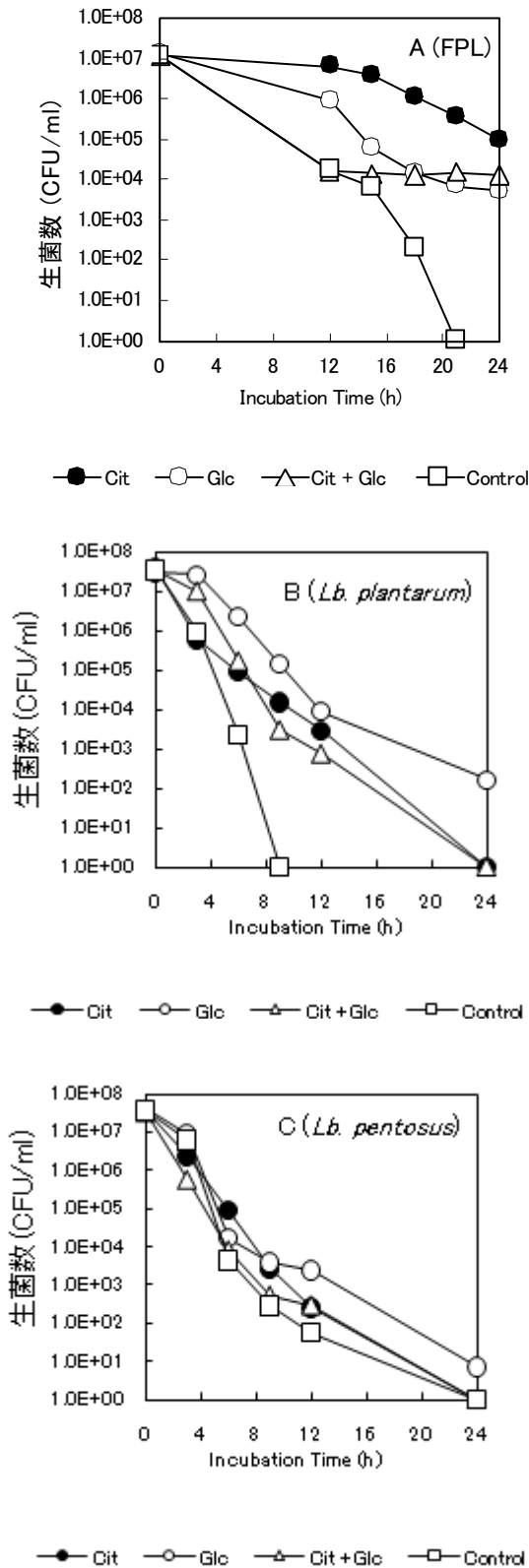


図2 クエン酸およびグルコースがFPL2の耐酸性に及ぼす影響

Cit:クエン酸, Glc:グルコース

いる可能性がある。次に膜の透過性に影響を与える菌体脂肪酸組成を比較した。菌株ごとにいくらかの差異が認められたが、FPL2にのみ認められる差異はバクセン酸(C18:1-11)比率の低下であった(表2)。Lactobacillus rhamnosusでは、オレイン酸(C18:1-9)あるいはバクセン酸が消費されることで耐酸性が高まると報告されており⁷⁾、FPL2においても同様の効果が現れている可能性を示している。

最後にクエン酸およびグルコース代謝と耐酸性の関連性を比較した。3株ともグルコースおよびクエン酸代謝能を有しているが、24時間後のpH、クエン酸およびグルコース濃度は殆ど変化していなかった(データ省略)。クエン酸およびグルコースによる耐酸性の変化は、菌株毎に異なっていた(図2)。FPL2の耐酸性は、クエン酸およびグルコースを添加することで向上した。添加効果はクエン酸で顕著であり、グルコースでは14時間程度で効果が弱くなった。これらの添加効果はLb. plantarumでも観察されたが、FPL2とは異なりグルコースの効果が最も高くなっていた。一方、Lb. pentosusでは添加効果は明確ではなく、生菌数はコントロール(無添加)とほぼ同様の経過を示した。グルコースの添加効果はATPase活性に対応している傾向があり、活性が最も低いLb. pentosusでは添加効果は認められなかったのに対し、活性が同程度のFPL2とLb. plantarumは類似した経過を示した。

これまでの結果から、ATPase活性、菌体脂肪酸組成、グルコースおよびクエン酸代謝の全てがFPL2の耐酸性に関与していることが示された。さらに、菌

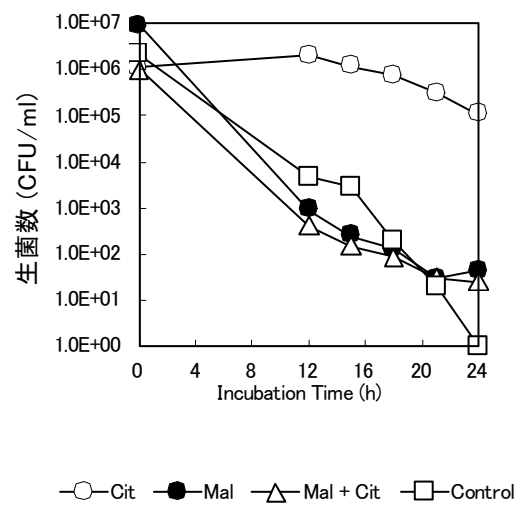


図3 リンゴ酸がFPL2の耐酸性に与える影響

Cit:クエン酸, Mal:リンゴ酸

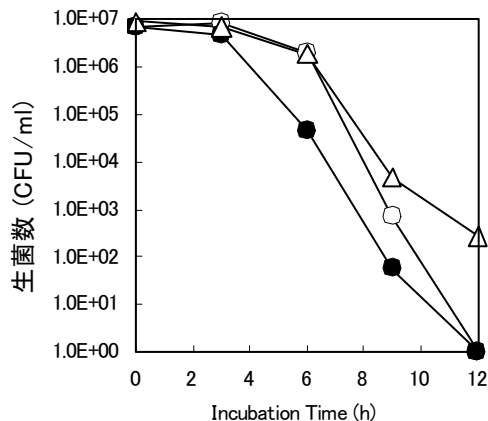


図4 阻害剤添加による耐酸性の変化

○—DCCD ●—セルレニン △—Control

体脂肪酸組成およびクエン酸代謝に関しては、FPL2に特有の変化が認められており、耐酸性の発現に大きく関与している可能性が示唆された。

FPL2はMLF(マロラクチック発酵)能を有しており、クエン酸の他にリンゴ酸を代謝することが出来る。リンゴ酸代謝がクエン酸と同様に耐酸性を高めるのか否かを確認したところ、リンゴ酸添加による耐酸性の向上は認められなかった(図3)。また、FPL2に認められたクエン酸の耐酸性向上効果は、グルコースあるいはリンゴ酸が共存すると低下あるいは消失した。このことは、クエン酸、リンゴ酸、グルコースの各代謝系には何らかの相互作用あるいは抑制的な調節が働いている可能性を示唆しており、非常に興味深い結果となった。

3. 阻害剤を使用した耐酸性要因関与の推定

ATPaseの阻害剤であるDCCD (N,N'-dicyclohexylcarbodiimide) および脂肪酸合成酵素の阻害剤であるセルレニンの存在下で耐酸性を測定することにより、各要因の耐酸性への関与程度の評価を試みた。図4に示すように、セルレニン処理菌体ではコントロールに比べて死滅が若干早くなる傾向が認められた。セルレニン処理菌体では各種脂肪酸の合成が阻害されることから⁸⁾、脂肪酸組成の違いが耐酸性に影響していることが示唆された。

一方、DCCD処理菌体の耐酸性は殆ど変化しなかった。今回用いた耐酸性評価系にはグルコースが含まれないことからATPaseを駆動するためのATPが不足していた可能性もあり、今回の試験では関与程度は評価できなかった。

菌体脂肪酸組成は、セルレニン処理によりミリスチ

表3 セルレニン処理菌体の脂肪酸組成変化

		Fatty acid composition (ratio, %)			
		Gerulenin treated		Control	
laurate	C12:0	0.6 ± 0.5	0.4 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.2
miristate	C14:0	11.7 ± 1.1	5.4 ± 0.2	5.4 ± 0.2	0.2
palmitate	C16:0	3.1 ± 0.2	9.5 ± 0.2	9.5 ± 0.2	0.2
palmitoleate	C16:1	0.3 ± 0.2	1.5 ± 0.0	1.5 ± 0.0	0.0
stearate	C18:0	2.2 ± 0.1	2.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1	0.1
oleate	C18:1(9)	36.2 ± 1.9	31.1 ± 1.5	31.1 ± 1.5	1.5
vaccenate	C18:1(11)	nd	5.8 ± 1.3	5.8 ± 1.3	1.3
	unknown	45.8 ± 0.4	44.3 ± 0.2	44.3 ± 0.2	0.2

・4回の異なる試験の平均値(%)±標準偏差

・nd:未検出

ン酸(C14:0)およびオレイン酸(C18:1-9)の比率が高まり、パルミチン酸(C16:0)およびパルミトリン酸(C16:1)が低下した。さらに、バクセン酸(C18:1-11)は検出されなくなった(表3)。これらの変化は、耐酸性の低下と関連している可能性がある。

4. 脂肪酸が耐酸性に及ぼす影響

FPL2の菌体内脂肪酸組成が耐酸性に及ぼす影響を更に検討するため、各種脂肪酸を添加した場合の耐酸性および菌体内脂肪酸組成の変化を測定した。脂肪酸供給源として使用したTween (以下 Tw)の構成脂肪酸は、Tw20- ミリスチン酸(C14:0)、Tw40-パルミチン酸(C16:0)、Tw60- ステアリン酸(C18:0)、 Tw80-オレイン酸(C18:1-9)である。各Twを添加して培養した菌体を使用した酸性環境下での菌数変化を図5に示す。添加したTwの種類による明確な耐酸性の差は観察されなかった。*Lactobacillus rhamnosus*ではオレイン酸の添加が耐酸性を増加すると報告されているが⁷⁾、FPL2では同様の効果は認められなかった。また、

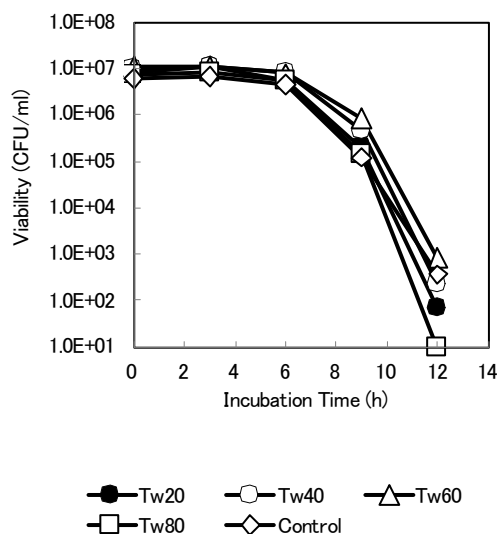


図5 脂肪酸の種類が耐酸性に及ぼす影響

表4 Tw添加培養菌体の脂肪酸組成

		Tw20 (C12:0)	Tw40 (C16:0)	Tw60 (C18:0)	Tw80 (C18:1)	Control
laurate	C12:0	4.1 ± 0.7	1.5 ± 0.1	1.1 ± 0.9	0.8 ± 0.9	1.6 ± 0.3
miristate	C14:0	6.5 ± 0.3	2.5 ± 0.1	2.2 ± 0.0	7.4 ± 0.5	2.9 ± 0.1
palmitate	C16:0	43.2 ± 0.5	52.1 ± 0.2	44.0 ± 0.1	21.6 ± 0.6	40.9 ± 0.2
	unknown	1.2 ± 0.0	0.9 ± 0.1	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.1	1.7 ± 0.0
palmitoleate	C16:1	0.7 ± 0.0	0.7 ± 0.0	0.8 ± 0.0	3.6 ± 0.1	1.0 ± 0.0
stearate	C18:0	6.8 ± 0.1	5.4 ± 0.0	12.4 ± 0.2	2.4 ± 0.1	5.6 ± 0.1
oleate	C18:1(9)	1.1 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.2	10.6 ± 0.5	0.7 ± 0.1
vaccenate	C18:1(11)	22.3 ± 0.4	20.3 ± 0.2	21.5 ± 0.4	14.1 ± 0.3	24.4 ± 0.2
	unknown	14.0 ± 0.2	16.1 ± 0.2	16.8 ± 0.5	38.5 ± 2.6	21.2 ± 0.1

・3回の異なる試験の平均値(%)±標準偏差

菌体脂肪酸組成は添加したTwの種類に対応した組成の増加が認められたが(表4), *Streptococcus mutans*⁴⁾や*Lactobacillus rhamnosus*⁷⁾で報告されている程度の増加は示さなかった。FPL2は、Twを添加しないコントロールの培養でも通常の増殖を示していることから脂肪酸要求性を持たず、脂肪酸取り込み能が低いのかもしれない。

5. まとめ

乳酸菌の耐酸性に関与する要因として報告されている、ATPase活性、菌体脂肪酸組成、グルコースおよびクエン酸代謝の3項目を中心に、FPL2に近縁で耐酸性の低い*Lb. plantarum*および*Lb. pentosus*との比較などにより、耐酸性に関与する因子の特定を試みた。

FPL2のATPase活性は高く耐酸性の獲得に関与していると考えられるが、これのみで高耐酸性を説明することは出来なかった(表1)。

FPL2のバクセン酸(C18:1-11)比率は他の株に対して低いが、脂肪酸合成酵素阻害剤を使用した試験では耐酸性の低下とバクセン酸の消失が同時に生じている(表2, 3)。この結果から耐酸性とバクセン酸の関係は推定できないが、何らかの関与があるものと考えている。一方、FPL2培養時に種々の脂肪酸を添加しても耐酸性は大きく変化せず(表4)、菌体脂肪酸組成の変化も他菌株に比べ小規模であった。このことから、これらの結果から耐酸性に影響する脂肪酸の特定には至らなかったが、バクセン酸が関与している可能性が高い。

酸性環境下のFPL2にクエン酸を添加すると耐酸性が向上するが、この効果は基準株では認められずFPL2に特徴的なものであった(図2)。しかしながらその作用機構は明らかでなく、グルコースあるいはリ

ンゴ酸が共存するとその効果は減少することなど未解明の部分も多く、更なる検討を行っている。

参考文献

- 1) 佐々木正弘ら, 特許公開広報, 2001-95561 (2001)
- 2) 小林恭一, 駒野小百合, 高橋みなみ, 百木華奈子, 谷政八: 梅果汁のマロラクチック発酵について, 平成20年度食品加工に関する試験成績, 福井県食品加工研究所, 9-11 (2009)
- 3) Michael G. Sturr and Robert E. Marquis : Comparative acid tolerances and inhibitor sensitivities of isolated F-ATPase of oral lactic acid bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, **58**(7), 2287-2291 (1992)
- 4) Elizabeth M. Fozo and Robert G. Quiverly, Jr. : Shifts in the membrane fatty acid profile of *Streptococcus mutans* enhance survival in acidic environments. *Appl. Environ. Microbiol.*, **70**(2), 929-936 (2004)
- 5) B.M.Coreoran, C. Stanton, G.F. Fitzgerald, and R.P. Ross : Survival of probiotic lactobacilli in acidic environments is enhanced in the presence of metabolizable sugars. : *Appl. Environ. Microbiol.*, **71**(6), 3060-3067 (2005)
- 6) Nieves Garcia-Quintans, Christian Magni, Diego de Mendoza, and Paloma Lopez : The citrate transport system of *Lactobacillus lactis* subsp. *lactis* biovar diacetylactis is induced by acid stress. : *Appl. Environ. Microbiol.*, **64**(3), 850-857 (1998)
- 7) B.M. Corcoran, C. Stanton, G.F. Fitzgerald, and R.P. Ross : Growth of probiotic lactobacilli in the presence of oleic acid enhances subsequent survival in gastric juice. : *Microbiology*, **153**, 291-299 (2007)

2. FPL2への塩分耐性の付与

駒野小百合

キーワード：乳酸菌，FPL2，耐塩性，ウメ

目 的

福井県が育成した乳酸菌FPL2は、従来の乳酸菌に比べて耐酸性に優れ、低pHでも生育可能であることから、ウメ果汁の発酵に適している。しかし、梅干や梅酒製造への利用にはさらに浸透圧耐性を付与する必要があり、課題が残されている。

本研究では、塩分やアルコール等の浸透圧に対する耐性を向上させる育種選抜技術を確立し、浸透圧耐性を付与したFPL2改良株を取得する。

実験方法

1.FPL2のpHごとによる耐塩性の確認

1)培地の調製

MRS培地(Difco) 11 g, グルコース 6 gに900 mLのイオン交換水を加えクエン酸40 %溶液で各pHに調製し、塩化ナトリウムを加えた後、最終容量を1 Lにし滅菌後、MRSブロスで16 時間前培養したFPL2を各培地10 mLに対して10 μ L加え濁度の有無を目視で確認した。pHは4.5~3.0まで0.5おきに4段階、NaClは0~9 %まで1 %おきに調製した。

さらにpH 3.0においてNaCl濃度を0.1 %おきに調整した。

2)生育の確認

MRS培地 (Difco製) にFPL2を一白金耳接種し、30 $^{\circ}$ C で16 時間培養した培養液を、各培地の1/1000液量接種し、OD増加を観察した。pH 3.0においてはOD₆₆₀の増加を観察した。

2.馴化によるFPL2 の酸耐性の付与

1)馴化用培地の調製

MRS培地11 g, グルコース6 g, 1 mol/L NaOH 5 mlに900 mlのイオン交換水を加え有機酸混合液(クエン酸30 g, リンゴ酸10 gを純水で100 mlにしたもの)でpH 3.0に調整し、塩化ナトリウムを加えた後、最終容量を1 Lにし滅菌して調製した。

2)生育の確認

MRS培地で16 時間前培養したFPL2培養液を各馴化用培地10 mLに対して10 μ L加え濁度の有無を目視で観察した。さらに馴化用培地からMRS培地に一白金耳接種し濁度上昇が認められれば生存しているとみなした。

乳酸菌の計測は、GYP白亜寒天培地¹⁾に混釈平板培養により30 $^{\circ}$ C 48 時間培養した後、コロニー数をカウントした。また、乳酸発酵は、pHで確認した。

3.UV処理による変異株の取得

1)UV処理

MRS培地で16 時間前培養したFPL2をMRS培地に接種後8~16 時間培養し、滅菌水で2 回洗浄後滅菌水に懸濁、滅菌シャーレに15mLずつ分注しUV照射を行った。UVはクリーンベンチに付属している殺菌灯を使用した(Panasonic社製 殺菌灯GL-15 15W)。

生存率30 %程度になるまで照射後集菌後希釈し、MRS白亜寒天培地で培養後分離し塩耐性の確認を行った。

2)選抜

前述2. 1)の培地にNaCl 0,0.1,0.5,1.0 %になるように調製したものを300 μ Lずつマイクロプレートに分注し、各コロニーをMRS培地で16時間培養した培養液を3 μ lずつ接種してマイクロプレートリーダーで、35 $^{\circ}$ C, OD630の変化を経時的に測定し、濁度の増加があるものを耐塩性があるとした。

4.薬剤処理による変異株の取得

1)エチルメタンサルホン酸 (EMS) 処理

3.1)と同様のFPL2培養液を滅菌水で一回洗浄後0.1 Mリン酸緩衝液(pH7.0)に懸濁させ液量に対して3 %EMSを添加し、30 $^{\circ}$ Cで60, 90min処理後、滅菌した5 %チオ硫酸ナトリウム水溶液で2回、純水で2回洗浄しMRS培地で16 時間培養後、選抜を行った。

3)選抜

薬剤処理した菌を7.5 % NaClを添加GYP培地¹⁾(酢酸ナトリウム無添加)で培養し、30 $^{\circ}$ C 10日後まで生

存していた菌を選抜株とした。

5. 選抜株の耐塩性の確認

単離したそれぞれの変異株の前培し、8 %NaClを添加したGYP培地（酢酸ナトリウムは無添加）10 mlに対し10 μL接種し、30 °Cで菌数、pHを経時的に調査した。

結果および考察

1. FPL2のpHごとによる耐塩性の確認

MRS培地を低pHに調整すると濁りが生じ乳酸菌の増殖を濁度で判断しにくくなるためMRSを通常の5倍濃度に薄め、グルコースを補った培地を使用した。この培地をもとに各pH、塩分を調製し、FPL2の生育を観察した。

FPL2は培地のpHが4のときは耐塩性を有したが、pH 3ではNaCl 0 %区以外で濁度の上昇がみられず（表1）、pH 3でさらに細かい塩分濃度で調査したところ、NaCl 0.2 %で2日目以降のOD上昇が認められず耐塩性が失われていた（図1）。

表1 FPL2の生育（pH 3.0～3.4、塩分0～9 %）

	pH3.0	3.5	4.0	4.5
NaCl 0%	+	+	+	+
1%	-	+	+	+
2%	-	+	+	+
3%	-	+	+	+
4%	-	-	+	+
5%	-	-	+	+
6%	-	-	+	+
7%	-	-	-	+
8%	-	-	-	+
9%	-	-	-	-

+生育 - 生育せず

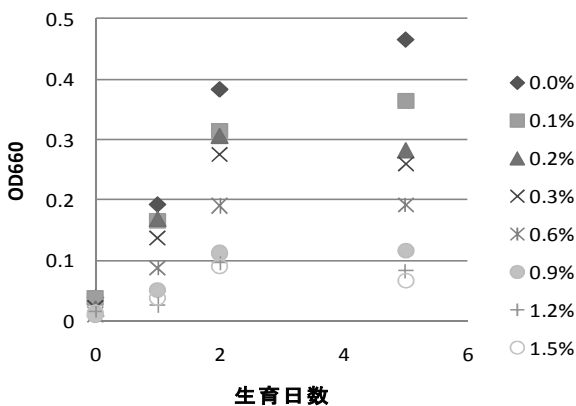


図1 各塩分濃度での生育（pH 3.0）

2. 馴化によるFPL2の酸耐性の付与

FPL2の生育が可能であったpH 3.0、NaCl 0.1 %のMRS培地から徐々に塩濃度を濃くしていき、馴化によ

り塩耐性を付与していくことを目指したが、FPL2は濁度上昇確認ができると死滅しており、植え継ぎが困難であった。培地に水酸化ナトリウム³⁾を加えた後にクエン酸でpH調整した結果、FPL2はすぐに死滅はしなくなったものの、植え継ぎを重ねると死滅し、馴化による塩耐性付与は困難であるとみなし、変異株の取得に切り替えた。

3. UV処理による変異株の取得

生存率30 %程度になるように設定してUV照射を行ったが、生存率はバラツキが生じた。また、処理により耐塩性の付与が確認できなかったため、300秒照射を行った（生存率 2×10^{-4} %）ところ、耐塩性の上昇が認められた株が1株確認できた。

4. 薬剤処理による変異株の取得

EMS処理は、45分処理では、耐塩性向上が認められなかったため60分処理と90分処理区を設けた。

薬剤処理後菌全量を、速やかにpHが低下するよう酢酸ナトリウムを添加せずに調製したGYP培地

（NaCl 7.5 %）で培養し、pHと生存日数を調査した。高塩分であったが4日後でpHは3.2まで低下し、乳酸発酵が行われていると思われる、（図2）EMS処理はUV処理に比べ耐塩性付与に適していると思われた。また、30 °Cで10日後に生存していた5株を選抜した。

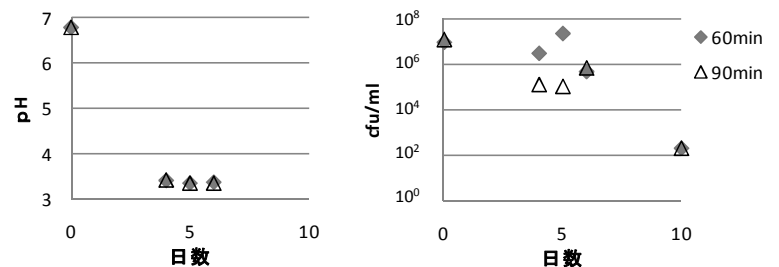


図2 NaCl 7.5 %GYP培地におけるEMS処理株の生存数とpHの変化（60分、90分処理）

5. 選抜株の耐塩性の確認

選抜株はすべて親株に対して、生存率が優れていた。塩分濃度を8 %にした結果、全体的に7.5 %のときと比べpH低下が緩やかになり、低pHにおける塩耐性は判断しにくい結果となった。また、生存が認められたもののpHの下降がゆるやかであった株は、変異処理により乳酸の生成能が低下したと思われた。

また5日目以降は冷蔵保存に切り替えたが、10日後に生存が認められたのは1株のみであり、これを候補株とした（図3）。

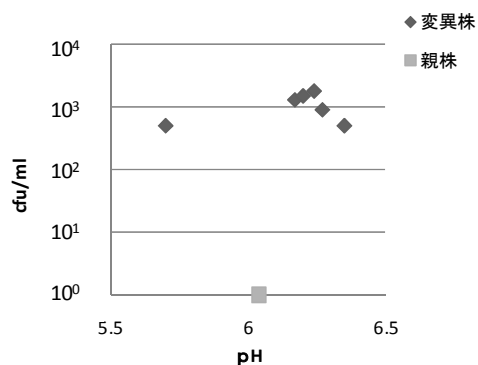


図3 NaCl 8 % GYP培地における生存菌数と pH (30°C, 5日培養後)

今回は梅干しに利用できる乳酸菌の取得を目的としている。一般に市販されている梅干しは低塩タイプの梅干しであっても、pH 2.7, 塩分6.3 %, クエン酸濃度が3.2 %と乳酸菌にとって厳しい条件であるため、乳酸菌を梅干しに利用する場合は、さらなる耐塩・耐酸性の付与を試みる必要がある。

参考文献

- 1)小崎道雄監. 「乳酸菌実験マニュアルー分離から同定までー」朝倉書店, 東京,1992
- 2)平成19年度食品加工に関する試験成績,2008
- 3)ペリン, デンプシー. 「緩衝液の選択と応用」講談社, 東京, 1981

3. 原料酒および原料梅が梅酒製造に及ぼす影響

久保義人

キーワード：梅酒，清酒，リキュール，品種，梅

目 的

酒税法の改正や梅の持つ健康イメージの広がり等を背景に、多くの清酒メーカーが梅酒製造に着手している。梅酒製造には発酵工程が含まれておらず細やかな管理が不要なため研究例が少なく、特に清酒を使用した製造に関しては報告例が殆ど無い。一方、市場では多くの梅酒製品が流通するようになり、後発製品である清酒ベースの梅酒には清酒ベースならではの特徴が必要である。そこで、原料酒に清酒を使用した梅酒製造に係わる基礎的知見を得ることを目的に試験を行った。

実験方法

1. 原料酒および原料梅

原料酒は当研究所で醸造した純米酒(精米歩合70%)および米しょうちゅう(常圧蒸留)を用い、原料梅は平成20, 21年に福井県園芸試験場で収穫された「紅サシ」および「剣先」を使用した。

2. 梅酒製造条件

梅酒の仕込み配合は梅：上白糖：原料酒=1：0.7：1.8 (w/w/v)とし、梅0.5 kgを使用した。仕込容器内での不均一さを最小限とするため、上白糖を原料酒に完全に溶解した後に梅を加えた。漬け込み容器の保管は室温、暗所で行い、一定期間ごとに液部を採取した。漬け込み終了後に梅を取り除き、生成液量および残果重量を測定した。

3. 各種成分の測定

有機酸の定量は、島津有機酸測定システム(島津製作所)を使用した。糖類の測定は高速液体クロマトグラフを使用し、カラムはShim-pack SCR101C (7.9 ×

300 mm)、移動層は水を使用し、検出は示差屈折にて行った。エタノール濃度はガスクロマトグラフ法により測定し、着色度は450 nmの吸光度で表示した。総ポリフェノール含量は標準物質に没食子酸を使用し、Folin-Ciocalteu法により定量した。

結果および考察

1. 原料酒の違い

同一のウメを使用し、原料酒の違いが梅酒の品質に与える影響を調査した。使用した清酒のエタノール濃度は17.1 %、しょうちゅうは35 %と異なっているため、17.1 %に加水調整したしょうちゅうでも試験を行った。7ヶ月漬け込み後の生成酒の成分を表1に示す。清酒を使用した場合、着色度、総ポリフェノール、有機酸のいずれについても濃度が高くなった。また、エタノール濃度の異なるしょうちゅうでは、エタノール濃度が高くなると着色度および総ポリフェノール含量が高くなり、有機酸含量が低くなる傾向が認められた。漬け込み期間中の経時変化では、しょうちゅうに比べて清酒にはポリフェノール類や酢酸が含まれているため、漬け込み開始直後から濃度は高めに推移した(データ省略)。しかしながら、漬け込み期間中の成分増加量はしょうちゅうとほぼ同等であり、原料酒の違いによる明確な差は認められなかった。これらの結果から、原料酒の違いによりウメからの成分溶出に大きな変化は生じないが、原料酒の成分組成は生成酒に明確に反映されることが明らかとなった。

漬け込み期間中の各成分の濃度変化はウメ果実からの溶出に起因すると考えられるが、酢酸に関しては、しょうちゅうで開始2ヵ月後から検出されており、

表 1 原料酒による成分変化

	エタノール (%)	pH	着色度 (A ₄₅₀)	総ポリフェノール (mg/L)	有機酸 (mg/L)					計
					クエン酸	リンゴ酸	コハク酸	乳酸	酢酸	
しょうちゅう 35%	20.3	3.0	0.134	321	10,256	1,163	0	0	79	11,498
しょうちゅう 17%	9.5	2.8	0.120	270	10,876	1,371	0	0	117	12,365
清酒 17%	9.5	3.0	0.188	505	11,391	1,534	308	215	127	13,575

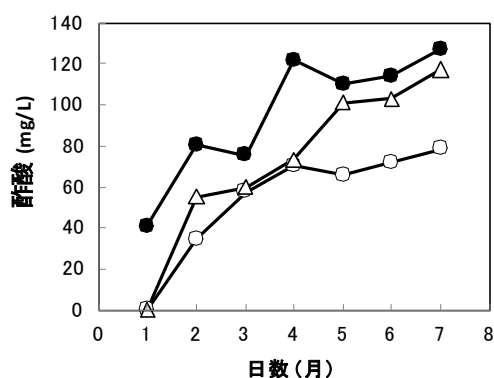


図1 漬け込み期間中の酢酸濃度の変化

○—焼酎35% ●—清酒17.1% △—焼酎17.1%

漬け込み中に生成している可能性が高い(図1)。少量の酢酸は味に厚みを与えるが、過剰になると味を損なう原因となるため、この原因については更に検討する予定である。

2. 品種の影響

梅の品種の違いにより梅酒の成分がどのように変化するかを明らかにするため、同一収穫日の「紅サシ」および「剣先」を使用して製造した梅酒の成分比較を行った。原料酒には清酒を使用し、概ね9ヶ月後に梅を取り除き製造終了とした。生成酒を比較すると、果実重減少率(漬け込みによる減少重量の割合)は剣先が高いが、有機酸量は紅サシが高くなっていた(表2)。また、漬け込み期間中の各成分の溶出プロファイルに関しては、品種間差は認められなかった(データ省略)。今回の試験では収穫日を同一日としたが、品種ごとの収穫期間としては剣先が後期、紅

表2 品種が梅酒成分に及ぼす影響

品種	生成量 (ml)	エタノール (%)	エキス分	果実重減少率(%)	着色度 (A ₄₅₀)	総ポリフェノール (mg/L)	有機酸 (mg/L)			糖分 (%)
							クエン酸	リンゴ酸	酢酸	
剣先	1,160	10.4	28.8	36	0.086	464	6,122	4,741	119	23.8
紅サシ	1,110	10.4	28.7	23	0.090	457	7,082	4,195	118	24.2

表3 収穫時期による成分変化

収穫時期	生成量 (ml)	エタノール (%)	エキス分	果実重減少率(%)	着色度 (A ₄₅₀)	総ポリフェノール (mg/L)	有機酸 (mg/L)			糖分 (%)
							クエン酸	リンゴ酸	酢酸	
初期	1,110	10.4	28.7	23	0.090	457	7,082	4,195	118	24.2
終期	1,220	10.4	29.0	42	0.131	434	9,288	3,803	93	26.2

表4 生理障害による影響

	生成量 (ml)	エタノール (%)	エキス分	果実重減少率(%)	着色度 (A ₄₅₀)	総ポリフェノール (mg/L)	有機酸 (mg/L)			糖分 (%)
							クエン酸	リンゴ酸	酢酸	
障害果	1,240	10.2	28.7	45	0.146	436	9,519	2,517	101	24.9
健全果	1,240	10.2	28.7	45	0.119	433	8,716	2,666	88	26.4

映では初期に相当するため、今回の結果のみで品種差を判断することは困難であった。

3. 収穫時期の影響

梅収穫期の違いにより梅酒の成分がどのように変化するかを明らかにするため、収穫時期の異なる梅を使用して製造した梅酒の成分比較を行った。平成21年6月8日(初期)および6月24日(終期)に収穫した「紅サシ」を原料とし、収穫後3日以内に清酒を使用して漬け込みを開始し、概ね9ヶ月後に梅を取り除き製造終了とした。生成酒の成分を表3に示す。終期収穫では、果実減少率が高くなり生成液量も増加した。エタノール濃度やエキス分がほぼ同一であることから、終期収穫梅を使用することで収率が高まることが明らかとなった。さらに、終期収穫では着色が早く、クエン酸濃度が高くリンゴ酸濃度が低くなった。同様の変化は「南高」を使用した醸造アルコールベースの梅酒製造でも報告されていることから¹⁾、収穫時期による差は品種や使用アルコールの種類にかかわらず共通していることが明らかとなった。なお、漬け込み期間中の各成分の溶出プロファイルに関しては、収穫時期による差は認められなかった(データ省略)。

4. 生理障害の影響

生理障害果が梅酒品質に与える影響を明らかにするため、同一収穫日の生理障害果と健全果を使用して製造した梅酒の成分比較を行った。収穫後2日目に清酒を使用して漬け込みを開始し、概ね9ヶ月後に梅を取り除き製造終了とした。表4に示すように、生理

障害果を使用した場合，着色度の増加が早くなり生成酒の着色度も高くなった．その他の成分に顕著な違いは観察されず，生理障害果を使用した梅酒と健全果を使用した梅酒の差異は着色度のみとの結果であった．

参考文献

- 1) 大江孝明，桑原あき，根来圭一，山田知史，菅井晴雄：ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究，園学研 6(1)，77-83 (2007)

県産六条大麦（ファイバースノウ）ビール醸造技術の確立

佐藤有一

キーワード：六条大麦，ファイバースノウ，早期凝集，酵母

目的

前年までに本県産六条大麦（ファイバースノウ）を用い、ビール醸造用として最適な麦芽製造技術を確立した。

今年度は、最終的にビールを醸造するために酵母での発酵試験ならびに地ビールメーカーにて試験醸造を実施した。

実験方法

1. 早期酵母凝集性(PYF (Premature Yeast Flocculation))の評価

1) 供試材料

平成 19 年度福井県農業試験場原種センターで栽培されたファイバースノウを用い、前年度確立された麦芽製造法に基づき麦芽を調製した。

対照として（株）アサヒビールモルトより購入したドイツ製輸入麦芽を用いた。

2) 評価方法

評価に用いる酵母としてラガー酵母（Weihenstephan 34/70）を用いた。

この酵母を YPM(イーストエキス 1%，ペプトン 2%，マルトース 2%)培地 10 mL を用い 25 °C,48 hr 培養し、その後 YPM6(イーストエキス 1%，ペプトン 2%，マルトース 6%)培地 100 mL に全量移し、25°C,30hr 培養後、コニカルチューブで遠心、回収、洗浄を 2 回行い、最終濃度 25%に調整し、酵母溶液とした。

それぞれの麦芽からコングレス麦汁を調製後コニカルチューブに移し 115°C, 10 min オートクレーブし、遠心した上澄に最終糖濃度を約 13%になるようにグルコースを加え模擬ビール麦汁とした。

この模擬ビール麦汁を 0.45 ミクロンフィルターでろ過、4°C 下で 800 rpm で 30min 攪拌を行った後 50 mL メスシリンダーに移し、酵母濃度を 1.2×10^7 cells/mL になるように酵母を添加し、21°C で培養、酵母数の推移を OD600nm で追跡し、40hr 後に評価した。

2. 各種酵母の発酵性比較評価

1) 発酵比較方法

早期凝集性評価に用いた方法で麦汁を調製（グルコースは未添加）するとともに、各種酵母の培養については

培地のマルトースの代わりにグルコースを用いて培養し添加した。発酵は 20°C で 7 日間行い、経過は 600nm の OD を観察した。

2) 評価方法

発酵後の麦汁について、仮性エキス濃度はポータブル比重計で、アルコール濃度、マルトース濃度は F-kit で評価した。

3) 有望酵母の小規模ビール醸造試験

ファイバースノウ麦芽をクロスビーターミル（スクリーン 0.5mm 幅）で粉碎し、コングレス麦汁調製条件と同様に麦汁を調製し、仮性エキス約 12°P とした。

この麦汁にホップを α 酸 100mg/L になるように添加し 1 時間煮沸した。最後にアロマホップを添加し遠心上澄をビール用麦汁とした。

このホップ入り麦汁 1 L をメスシリンダーに移し、早期凝集性評価の場合と同様に前培養した酵母を 1.5×10^7 cells/mL になるように添加し、発酵させその経過を OD 600nm, 仮性エキス濃度、アルコール濃度を測定した。

3. メーカーでの試験醸造

麦芽 30kg を前年度確立した方法で調製し、湖上館 PAMCO にてビールの試験醸造を行った。

出来上がったビールについて色度、アルコール濃度、仮性エキス濃度、 β グルカン含量を測定し、市販ビール、発泡酒、第 3 のビールと比較した。

結果および考察

1. ファイバースノウ麦芽の早期酵母凝集性

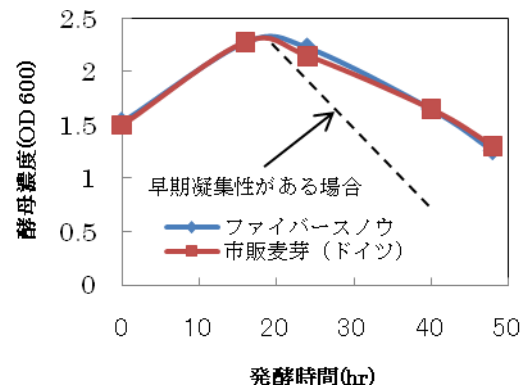


図 1 酵母の早期凝集性試験

図1が示すようにファイバースノウ麦芽には早期に酵母を凝集させる性質は有しないことが明らかとなった。

2. ファイバースノウ麦汁における各種酵母の発酵性

表1, 表2が示すようにビール用として育成された酵母のうち「Safale US-05 (American ale yeast)」が若干最終エキス, 糖が高く, エタノール生成が少ないが, その外は良好な発酵性を示した。

一方清酒酵母のうち FK-501 のみが良好な発酵性を示した。

表1 試験に供した酵母

No.	名称	一般名
1	LALVIN EC1118	市販ワイン酵母
2	きょうかい 1401 号	市販清酒酵母
3	NBRC2003	ビール酵母
4	NBRC02373	泡盛酵母
5	NBRC02114	ウイスキー用酵母
6	FK-301	清酒用酵母(泡無し)
7	FK-4	清酒酵母、アルコール耐性株
8	FK-501	清酒酵母、酢酸イソアミル中生産株
9	Wyeast 1056	American Ale
10	Wyeast 2035	American Lager
11	Wyeast 3068	Weiherstepahn Weizn
12	Safale S-04	English ale yeast
13	Safale US-05	American ale yeast
14	Safalager S-23	Germany VLB code RH lager yeast
15	Safalager W-34/70	Germany Weiherstephan lager yeast

表2 発酵終了後の麦汁の性状

No.	最終エキス濃度	アルコール濃度	残存麦芽糖
1	3.07	2.10	0.78
2	3.21	2.19	0.99
3	2.12	2.52	0.17
4	3.17	2.02	0.97
5	1.75	2.53	0.16
6	7.01	0.26	4.26
7	5.42	1.76	1.16
8	1.95	2.62	0.11
9	1.82	2.43	0.15
10	1.98	2.49	0.11
11	2.14	2.30	0.31
12	2.27	2.59	0.52
13	2.83	2.41	0.71
14	1.92	2.72	0.13
15	2.17	2.62	0.18

3. FK-501 を用いた小規模ビール醸造試験

当初1週間は10℃で行ったが, 発酵速度が遅かったのでその後15℃で発酵させたところ, 図2に示すような発酵経過をたどり, 最終エキスは約2°P, エタノールは約4.5%まで発酵が進行し, FK-501 はファイバースノウビール醸造に利用可能であると判断された。

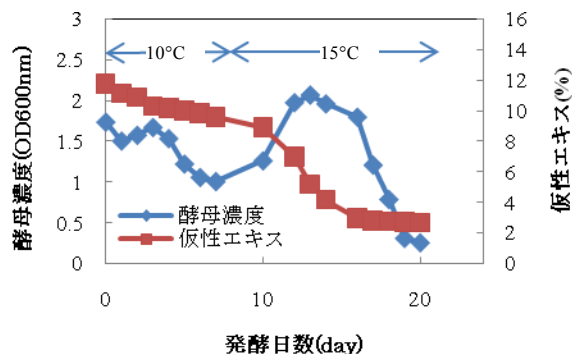


図2 FK-501 酵母の発酵経過

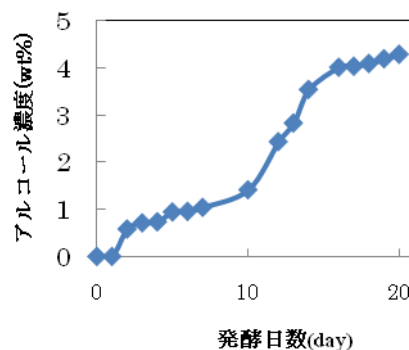


図3 FK-501 酵母のエタノール生成経過

4. 工場規模でのファイバースノウビール醸造試験

試験醸造に当たり, 水, ホップ等の使い方は現地でのレシピのまま行い, プロテインレスト工程のみ45℃30min 追加し醸造を行った。

結果, 発酵前エキス濃度を10.5°P で仕込んだところ, 約140L のビールが製造され少し色が濃い目でβグルカン含量の高い(表3) ビールとなった。

表3 工場規模での試験醸造結果

	試作ビール	市販ビール	市販発泡酒	市販第3のビール
色度(°EBC)	13.2	8.2	8.5	9.0
アルコール(%)	4.2	5.0	5.5	5.0
エキス(°P)	1.3	1.5	1.4	1.4
βグルカン(mg/L)	90.0	8.0	0.4	0.3

参考文献

- 1)ビール酒造組合国際技術委員会編: 改訂 BCOJ ビール分析法
- 2)新技術地域実用化研究促進事業研究成果「地場産穀類の六条大麦ビール・穀物酢等への新用途開発」
- 3)佐藤有一: 平成 21 年度食品加工に関する試験成績, 12p(2010)

アオリイカの成分について

成田 秀彦・杉田 顕浩(福井県水産試験場)

キーワード: アオリイカ, 成分, 遊離アミノ酸

目 的

福井県の海面魚類養殖は、嶺南地域のリアス式海岸の入り江を利用して行われている。主に養殖されている魚はトラフグ(若狭フグ)、マダイであるが、養殖経営の観点からは、さらに多品種養殖への取り組みが重要である。アオリイカは、イカ類中最もおいしいイカとされており、成長も早く、市場価値も高い魚種であり、他地域でも養殖されていない。そこで、まだ未開発であるアオリイカ養殖に関する基礎研究を行い、新たな特産化を目指す。

食品加工研究所ではアオリイカの成分、鮮度保持について検討する。

実験方法

1. 材料

県内定置網で漁獲後畜養したアオリイカを活で搬入し試験材料とした。また、水試で9月6日から11月16日まで餌別飼育したアオリイカを凍結貯蔵し遊離アミノ酸分析の試料とした。

2. 貯蔵試験

10月19日、11月9日の2回アオリイカを活で搬入後、頭部を切断し即殺後0℃、5℃、10℃のインキュベーターに貯蔵し、一定時間ごとに胴肉部を切り取り核酸関連物質、遊離アミノ酸の分析用試料にするとともに色差計で色調を測定した。

3. 分析方法

・一般成分

既報¹⁾の通り

・核酸関連物質、遊離アミノ酸分析用試料

胴肉部の皮をむき、1 g前後を10 % 過塩素酸(PC A)で抽出し、60 % KOHで中和後50 mLにメスアップした物を、凍結し分析用試料とした。

核酸関連物質は HPLC でAsahipak GS-320HQを使用し200 mMリン酸バッファー0.6 mL/minにて分析した。遊離アミノ酸の分析は日立の L-8500を使用した。

・色調

表皮を剥いだ胴肉を3cm四方で切り出し肉の色調をミノルタ分光測色計 CM-3500d を使用してL*, a*, b*を測定した。

結果および考察

1. 一般成分について

アオリイカ胴肉部の一般成分についてこれまでの調査から水分が75~77%、灰分が1.6~1.9%、粗蛋白質20~23%、粗脂肪0.4~0.8%であり、年間を通して大きな変動はなく、また、天然と養殖で大きな違いは認められなかった。今回の餌別飼育試験でも一般成分はこれらの範囲内にあり天然、養殖(餌別)による差は認められなかった。

2. 鮮度(核酸関連物質)について

活で持ち込んだアオリイカを即殺して各温度帯で貯蔵試験を実施した。今回の貯蔵試験ではK値は従来どおり、貯蔵温度の低い方が上昇は低かった。しかし、6時間程度までのK値の上昇は0℃貯蔵も10℃貯蔵も差がなかった。(図1, 2)

3. 色調について

今回の2回の試験結果は昨年¹⁾と違い胴肉のL*値は死後上昇しその後、減少する傾向は見られなかった。これは今回使用したアオリイカの漁獲から箱詰めまでの扱いに問題があった可能性もあり、次年度はこの辺を検討したい。

表皮の色は即殺直後は透明であるが、これを0℃に貯蔵するとすぐに褐色になった、しかし、10℃では6時間程度透明感が維持されていた。

4. 遊離アミノ酸について

アオリイカの遊離アミノ酸組成(mg/100g)を見ると、Tau, Gly, Ala, Arg, Proで全体の80%以上を占めていた。また、甘味系アミノ酸のGly, Ala, Proの合計は40%以上であった。(図3)

また、天然と養殖の遊離アミノ酸組成を見るとTau含量は養殖物で少なくなる傾向が見られた。

参考文献

1)成田秀彦:平成21年度食品加工に関する試験成績書,
pp16~17, 福井県食品加工研究所

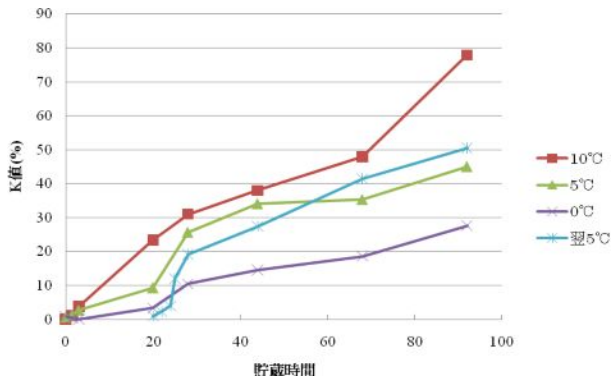


図1 1回目貯蔵中のK値の変化

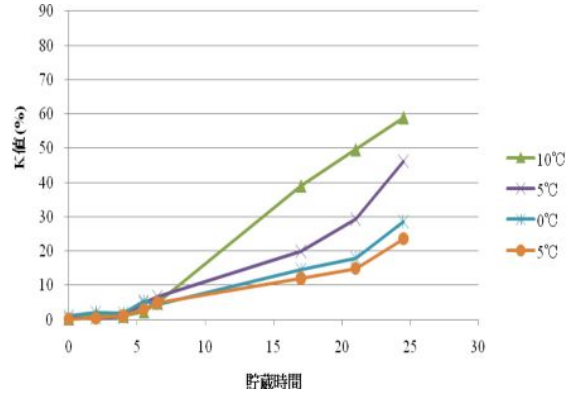


図2 2回目貯蔵中のK値の変化

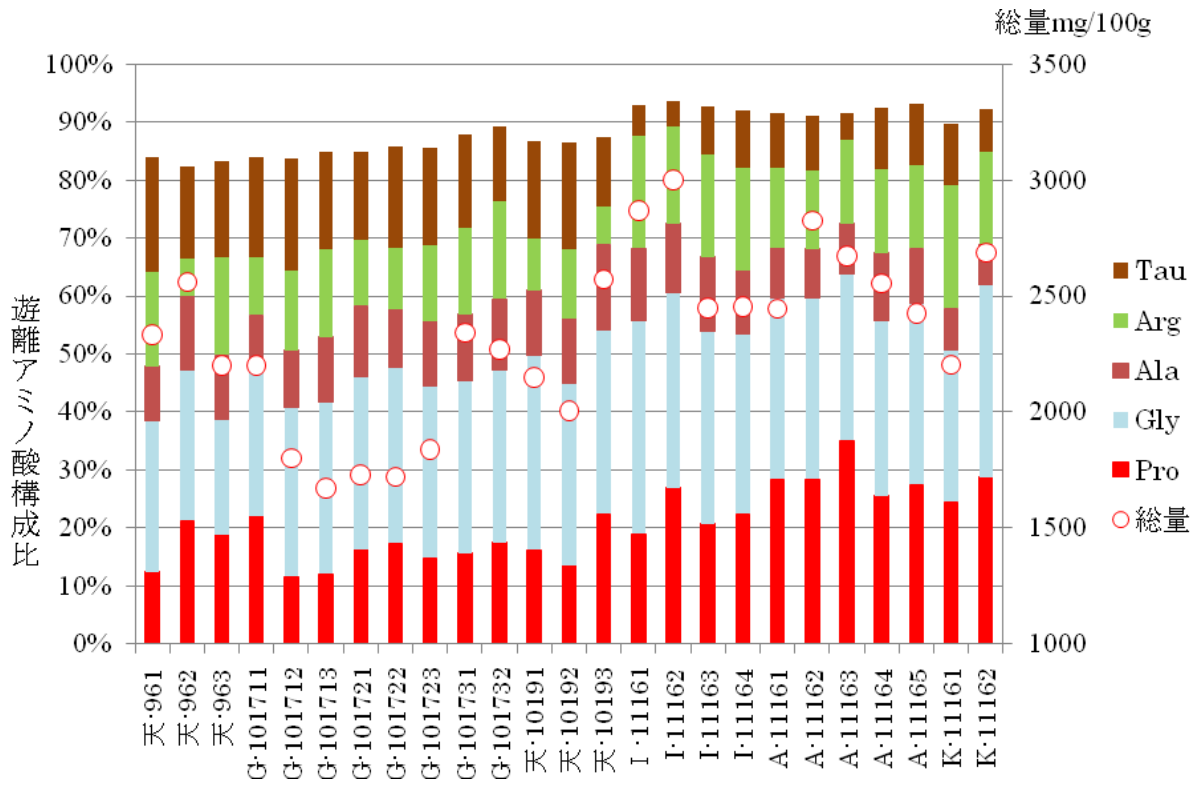


図3 餌別飼育後の遊離アミノ酸組成比

(G:グルコース添加 天:天然 A:アジ K:イカナゴ I :イワシ類)

サワラの成分について

成田 秀彦・梅津 寛之(福井県水産試験場)

キーワード：サワラ, 成分

目 的

県内のサワラ漁獲量は平成 10 年以前 100 トンに満たなかったが、平成 11 年以降急激に漁獲されるようになり、平成 17 年の漁獲量は 790 トン(全国 2 位)に至っている。魚貝類は、種類により効果的な鮮度保持の仕方が異なり、本県では、近年までサワラの漁獲量が少なかったため、高鮮度保持技術が定着していない。このような状況下、本県においても他府県に見劣りしない鮮度保持技術の向上のための技術開発が強く求められている。この鮮度保持技術の開発によってもたらされる品質の向上が、評価(価格形成)の向上につながるために、当事業において、鮮度保持技術およびそれに伴う品質の変化について検討を行い、サワラの品質向上の方法を開発する。

実験方法

1. 材料

県内定置網等で漁獲されたサワラを水産試験場において貯蔵試験を行いトリメータ(Distell社製 魚鮮度計トリメータ2007型)によりTMR鮮度値を測定後、10%過塩素酸(PCA)で処理後凍結貯蔵した物を鮮度測定用試料とした。また、ハンディタイプ近赤外分析装置(株式会社 果実非破壊品質研究所製 FQA-NIRGUN)で測定したサワラの片身を凍結貯蔵した物を脂肪測定用試料とした。

2. 分析項目

サワラの一般成分(水分、粗脂肪、灰分)と貯蔵温度別核酸関連物質、および、遊離アミノ酸の消長について調べた。

3. 分析方法

・一般成分

サワラの片身から皮をむきフードカッターで細切後、分析用試料とした。

分析方法は既報¹⁾の通りとした。

・核酸関連物質、遊離アミノ酸分析用試料

水産試験場において各貯蔵温度別、時間別に背肉部 1 g前後を10% PCAで抽出し凍結した物を、解

凍し 60% KOH で中和後 50 mL にメスアップし分析用試料とした。

核酸関連物質は HPLC でAsahipak GS-320HQ を使用し200 mMリン酸バッファー0.6 mL/minにて分析した。遊離アミノ酸の分析は日立の L-8500 を使用した。

結果および考察

1. 一般成分について

2年間のサワラの尾叉長と水分、粗脂肪の関係を図1に示した。水分が68~80%、粗脂肪が0.4~16.8%であり、ばらつきが大きかったが、尾叉長45 cm以下の個体では脂肪分が少なく水分が多かった。灰分は1.6~1.9%で魚体の大きさによる変動は見られなかった。また、水分と粗脂肪は高い相関(図2)を示した。

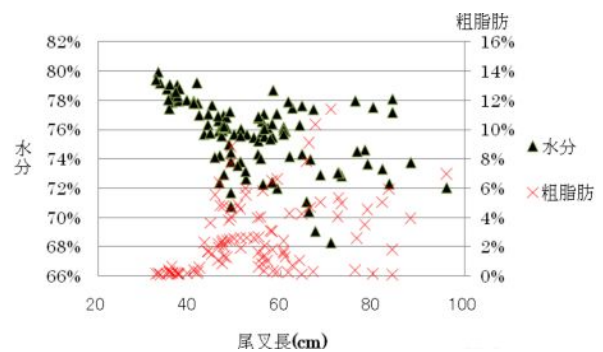


図1 尾叉長と水分、粗脂肪の関係

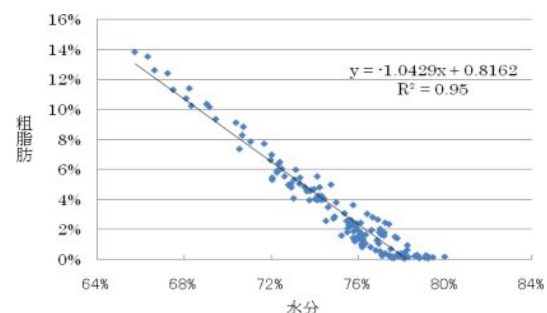
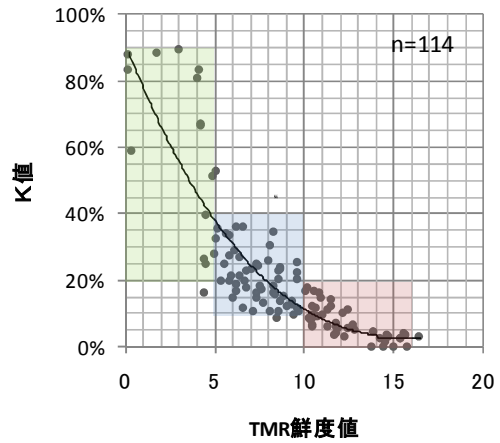


図2 水分と粗脂肪の関係

図3 K値とTMR鮮度値の関係



2. 核酸関連物質（鮮度）について

水産試験場でPCA固定したサワラの貯蔵温度別K値は貯蔵温度の低い方が上昇は少なく、より鮮度が保持されていた。また、K値とTMR鮮度値の間に相関(図3)が見られたが、さほど良好な物ではなかった。

3. 遊離アミノ酸について

サワラの遊離アミノ酸組成を見るとTau (5~22%), Lys (2~17%), His (29~74%), Ans (0~32%)の割合が高かった。また、遊離アミノ酸総量は200~450 mg/100gとあまり多くなかった。

参考文献

1)成田秀彦:平成21年度食品加工に関する試験成績書, pp18~19, 福井県食品加工研究所

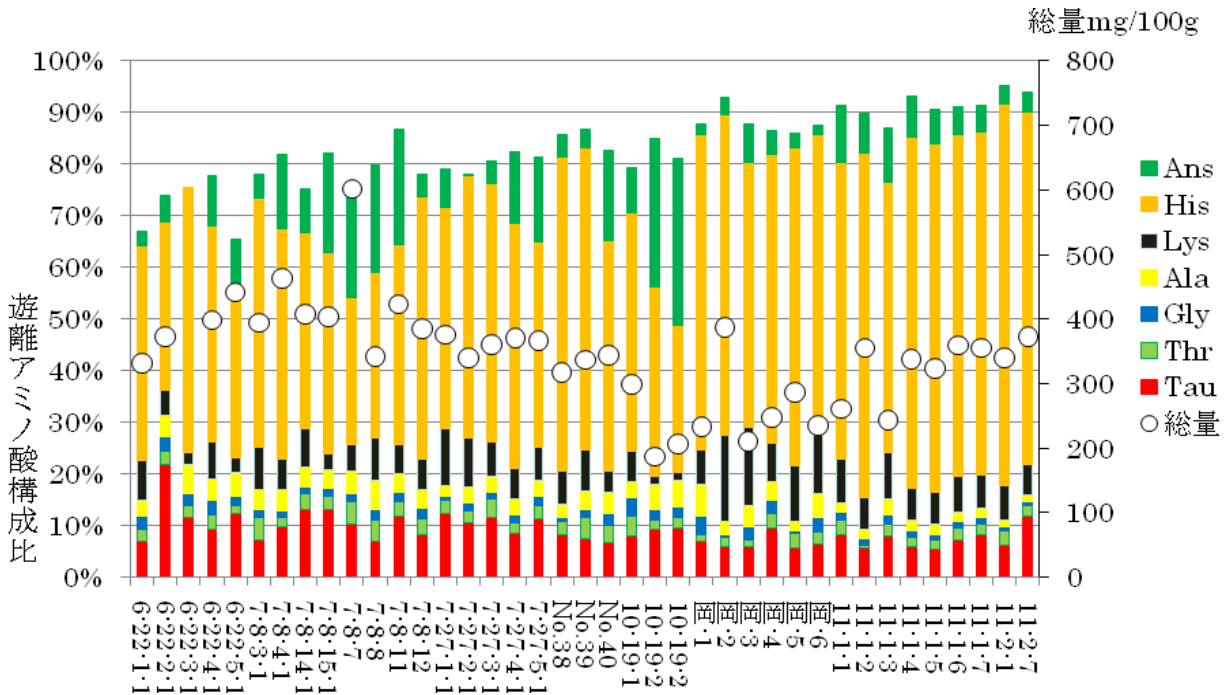


図4 アミノ酸組成比

サワラの落とし身について

成田 秀彦

キーワード：サワラ, 落とし身, 成分

目 的

大量に漁獲されるサワラ(サゴシ)を骨、内蔵、皮を除いた落とし身として利用するため、落とし身の保存方法の検討を行うとともに、加工適性を把握し魚ハンバーグ等への利用、また、調味製品(佃煮風)等を開発する。これら開発製品は消費者テスト等を行い、広く地域の加工業者への普及活動を行い、サワラの消費拡大を図る。

実験方法

1. 材料

早朝県内定置網で漁獲されたサワラを食品加工研究所に運び試験に使用した。

2. 試験方法

サワラの大きさ別、時期別、可食部率、採肉率、一般成分(水分、蛋白質、粗脂肪、灰分)と鮮度(K値)、および、落とし身の貯蔵性について調べた。

3. 分析方法

・一般成分

既報¹⁾の通り

・鮮度(K値)、遊離アミノ酸分析用試料

サワラ落とし身を製造する際同一原料の数個体から背肉部を切り取り5 g前後を10 % PCAで抽出し、60 % KOHで中和後 50 mLにメスアップした物を、凍結し分析用試料とした。

核酸関連物質は HPLC でAsahipak GS-320HQを使用し200 mMリン酸バッファー0.6 mL/minにて分析した。遊離アミノ酸の分析は日立の L-8500 を使用した。

・過酸化物質(POV)

サワラ落とし身を凍結乾燥し10倍量のジクロロメタンにより脂肪分を抽出し測定した。

・硬さ

レオメーター(不動工業株式会社製 NRM-2010-CW)により、歯形プランジャーを使用して測定した。

結果および考察

1. 落とし身の歩留まりについて

早朝県内定置網で漁獲されたサワラおよび冷凍魚を解凍した物から小型ロール式魚肉採取機によって落とし身を製造した結果を表1に示した。2年間の試験の結果、魚体の大きさにかかわらず、採肉率は魚体重の60 %程度であった。手作業で採肉した物で62 %程度であり、魚肉採取器で採取した物とほとんど変わりがなかった。また、鮮魚と冷凍魚でも差は見られなかった。

2. 一般成分について

サワラ落とし身の一般成分を表2に示した。水分が76.3~7.1 %、灰分が1.5~1.6 %、粗蛋白質19.7~20.5 %、粗脂肪0.4~1.7 %であり、脂肪分が少なかった。今回の原料は最大で1 kgまでのサゴシを使用しており、このため脂肪含量が少なかったと考えられる。

3. 核酸関連物質(鮮度)について

原料のK値は鮮魚では5 %以下であり鮮度は良好であった。

4. 落とし身の貯蔵中の変化について

落とし身(3.7 mm目)のミンチ(3.2 mm目)を折幅30 mmのケーシングに詰め、-30 °C 冷凍貯蔵後の加熱時の保水率を見るため、100 °C、10分加熱後の水分含量を調べたところ、最初水分が77.7 %であったが、2ヶ月後に74.4 %、1年後には74.7 %と若干減少していた。また、100 °C、10分加熱後のケーシング詰め肉の硬さは最初破断応力が890 gであったが2ヶ月後では1035 gと高くなっており、1年後でも1050 gと変化は見られなかった。

5. 脂質(POV)の変化について

落とし身を-30 °Cに凍結保存し貯蔵中のPOVの変化を見とところ、1年後にPOVは2 meq/kgから6 meq/kgに若干増加していたが、さほど大きな変化ではなかった。

6. 遊離アミノ酸組成について

サワラの遊離アミノ酸量は 300~400 mg/100g とさほど多くなかった。また、遊離アミノ酸の構成割合を見ると、His が 30~60 % と高かった。

7. 加工品試作

落とし身を利用して佃煮風角煮、乾燥角煮を試作し

た。また、落とし身、落とし身と合い挽き肉の混合した物でハンバーグを試作した。(図 1, 2)

参考文献

1)成田秀彦:平成 21 年度食品加工に関する試験成績書, pp20~21, 福井県食品加工研究所

表 1 落とし身の採肉率

	平均尾叉長 範囲 (cm)	平均体重 範囲 (g)	全重量 (kg)	ドレス (kg)	ドレス (%)	採肉 (kg)	採肉率 (%)	ドレスから (%)
H21.9.30	35.4 33.0~41.5	318.9 244~454	24.5	18.5	75.3	15.1	61.6	81.9
H21.10.14	44 40.5~48.0	586 442~788	23.2	17.3	74.6	13.5	58.3	78.1
H21.11.26	44.1 39.0~52.0	625.8 430.9~959.5	27.7	21.5	77.5	17.2	62.2	80.2
H22.2.5	40.2	473	16.1	12.5	77.6	10.2	63.4	81.6
(H21.10.14冷凍)	35.7~45.0	337~720						
H22.9.30	42.3	379.7	25.8	19.8	76.7	16.2	62.9	81.9
(H21.10.14冷凍)	28.3~39.6	246.6~610.8						
H22.10.5	41.3 36.8~47.3	522.1 377.3~685.3	21.9	17.2	78.5	13.2	60.3	76.7
H22.11.4	42.3 38.3~47.6	548.9 401.4~789.6	23.1	17.7	76.7	14.1	61.2	79.8

表 2 落とし身の成分

採取年月日	水分 (%)	粗脂肪 (%)	灰分 (%)	粗蛋白 (%) (計算)
H21.9.30	78.1	0.4	1.6	20.0
H21.10.14	76.3	1.7	1.5	20.5
H21.11.26	77.1	1.7	1.5	19.8
H22.9.30	78.2	0.6	1.5	19.7
H22.10.5	79.1	0.7	1.5	18.8
H22.11.4	77.6	1.1	1.5	19.8



図 1 サワラ角煮



図 2 サワラハンバーグ

左: サワラのみ 右: サワラ: 合い挽きミンチ(1:1)

発芽大豆を使ったGABA含有納豆の開発

橋本直哉・後藤基栄(農事組合法人 三留生産組合)

キーワード：大豆，納豆，発芽， γ -アミノ酪酸(GABA)

目 的

発芽大豆には γ -アミノ酪酸(γ -Aminobutyric acid 以下 GABA と略記)が多く含まれているとともに、イソフラボン¹⁾や遊離アミノ酸など²⁾が含まれていることが知られている。そこで、本研究では、地元産の発芽大豆を使用し、発芽大豆中に含まれる GABA を高めた納豆などの大豆加工品の製造技術を確認することを目的とした。

実験方法

1. 分析試料

大豆は、農事組合法人 三留生産組合で栽培されたエンレイを用いた。

2. 分析方法

1) 水分

生試料，乾燥粉末試料共に 130 °C, 2 時間の常圧加熱乾燥法で測定した³⁾。生試料は，ポリエチレン袋(厚さ 0.08 mm)に入れ，外側から揉んで混和したものを使用した³⁾。

2) 遊離アミノ酸

アミノ酸の測定は，自動アミノ酸分析計(日立 L-8500)を用いて定量した。生試料は水分測定法と同様に，ポリエチレン袋に採取し外側から揉んで混和した後計量した。抽出は 80 %エタノールを用い，ホモジナイズ後 80 °C で 30 分間，2 回繰返して行った。乾燥粉末試料は，試料を粉碎後 80 %エタノールで，80 °C で 30 分間を 2 回繰返して抽出を行った⁴⁾。

3) 一般成分

水分：上記方法と同じ。

タンパク質：セミマイクロケルダール法⁵⁾。

脂質：ソックスレー抽出法(4)⁵⁾。

灰分：550 °C 灰化法⁵⁾。

ナトリウム：希塩酸抽出法，原子吸光法⁵⁾。

炭水化物：差引法⁵⁾。

エネルギー換算係数は，タンパク質=4.00，脂質=8.46，炭水化物=4.07 を使用した⁵⁾。

4) 塩素測定

塩素測定は，納豆を 5 g 計量後イオン交換水 20 mL に懸濁し，ホモジナイズ後遠心分離で得られた上清を測定試料とした。測定は，SIBATA 簡易水質検査キット シンプルパック遊離残留塩素(CIO, DPD 法)ならびに SIBATA 簡易水質検査キット シンプルパック(総)残留塩素(TCIO,

DPD 法)を用いて測定した。

5) 生菌数測定

衛生試験法⁶⁾に従い試料を調製後，標準寒天培地 DAIGO(日本製薬)を用いた混釈平板培養法にて 37 °C, 24 時間培養を行った。

6) 納豆菌の培養

培養には普通培地(Nutrient medium, Difco)を用いた³⁾。最少培地は Spizizen 改変培地を用い，37 °C で振盪培養を行った⁷⁾。納豆菌種は，成瀬菌(成瀬発酵化学研究所，東京)，宮城野菌(高橋祐蔵研究所，山形)，高橋菌(宮城野納豆菌製造所，宮城)を使用した。

7) 色調

明度ならびに色度は分光測色計(MINOLTA CM-3500d)で測定し，Lab 表色系で表示した。

結果および考察

1. 発芽大豆納豆の製造工程における GABA 推移

発芽大豆を用いた三留生産組合での納豆製造工程を参考に工程毎に乾燥重量(DM:Dry Matter)あたりの GABA 含量の推移を測定したところ，発芽時に GABA 含量が増加し，蒸煮時に GABA 含量が大きく減少し，その後の工程でも含量の低下が認められた(図 1)。

そこで，各工程毎に GABA を増加もしくは低下を抑える方法の検討を行った。

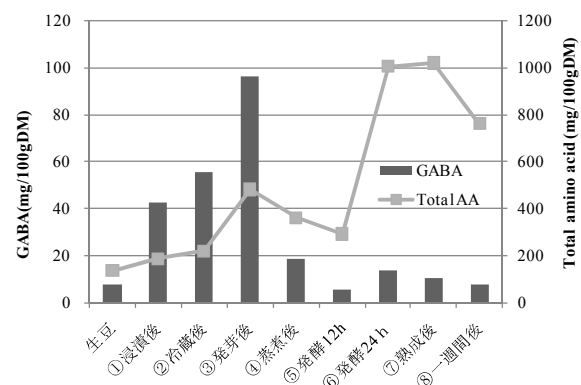


図 1 発芽大豆納豆製造工程における GABA 含量の推移

2. 浸漬時の浸漬液の影響

これまで、食塩水への大豆の浸漬が GABA 増加に有効との報告⁸⁾があるが、エンレイを使用した今回の試験において、浸漬液にはグルタミン酸が有効であり、食塩の有効性は認められなかった(図 2)。また、グルタミン酸はナトリウム塩では有効性が低いことが明らかとなった(図 3)。

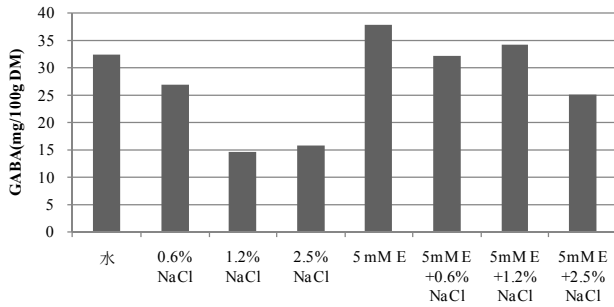


図 2 浸漬液による大豆中の GABA 含量変化
 図中、E はグルタミン酸を示す。

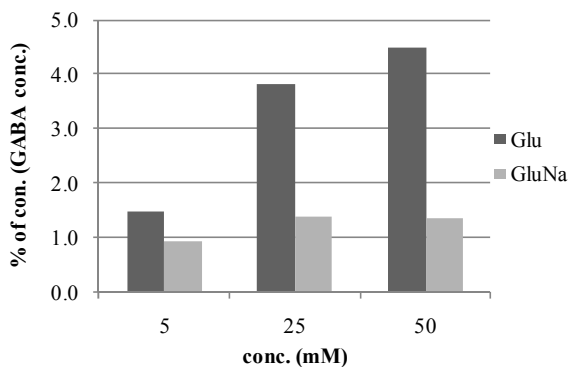


図 3 浸漬液中のグルタミン酸(Glu)の効果

3. 発芽方法の検討

発芽方法については、気相発芽と水相発芽を検討したところ、水相発芽が雑菌の繁殖抑制ならびに発芽長をそろえるのに適していた。

4. 発芽時の浸漬液の影響

発芽玄米において、キトサン/グルタミン溶液を用いて発芽を行うことにより GABA 含量が向上する報告⁹⁾がある。エンレイを用いた今回の試験の場合、グルタミン酸(Glu)のみ効果が見られ、キトサン添加による相乗効果は見られなかった。グルタミン酸添加区の GABA の増加はグルタミン酸添加による溶液 pH 低下が要因として考えられたが、グルタミン酸と同等の pH を示す乳酸区において、GABA 含量増加に効果は見られなかったことから、大豆中の GABA 含量増加は pH によるものではなくグルタミン酸によるものであるとわかった(図 4)。

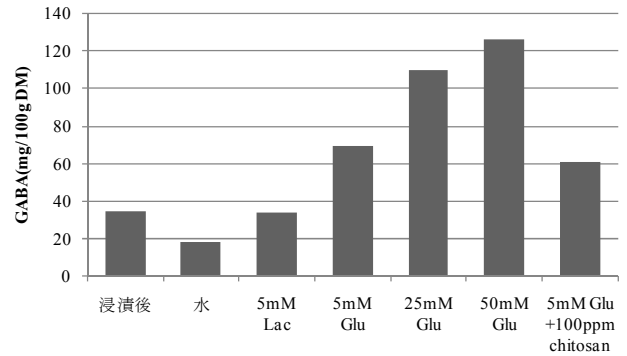


図 4 発芽時の浸漬液の影響
 図中、Lac は乳酸を示す。

5. 発芽時の雑菌繁殖抑制

発芽工程時に雑菌の繁殖が見られた。そこで雑菌の繁殖を抑制する方法を検討したところ、次亜塩素酸が有効であった。しかしながら、次亜塩素酸は、結合塩素として最終製品から検出されたことから、グラム陽性菌に有効な静菌剤であるグリシンをグルタミン酸と併用することにより、雑菌の繁殖を抑制することが可能となった(図 5)。

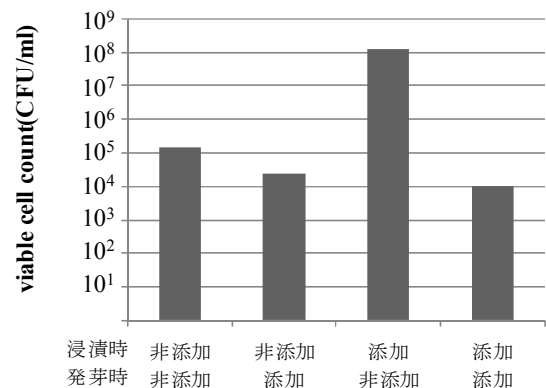


図 5 グリシン製剤による静菌効果
 本試験は、理研ビタミン(株)製エマレット-S を使用した

6. 蒸煮工程における GABA 減少要因

表 1 に示したように、蒸煮により水分量の低下による豆重量と大豆中の GABA 含量の減少がみられた。蒸煮による豆全体の GABA 減少量は 24.3 mg であり、蒸煮残液中の GABA 量は 8.1 mg であった。蒸煮残液中の GABA 量と豆の減少量は一致しないが蒸煮残液への GABA の流出が観察された。

表 1 蒸煮工程による豆の成分変化

	重量 (g)	水分量 (%)	豆中全GABA (mg)
蒸煮前	210	63	81.9
蒸煮後	197	61	57.5

7. GABA 存在下での納豆菌の生育速度

GABA が納豆菌に与える影響用を調べるために、*in vitro* で納豆菌を培養した。培養方法は、普通培地にて予め前培養を行った納豆菌を洗菌し、GABA と Glu を添加した Spizizen 改変培地 5 mL に 2 % (v/v, 100 μ L) 添加した。添加後の培養液を 80 $^{\circ}$ C で 5 分間加熱した後 37 $^{\circ}$ C で振盪培養を行った。一定時間ごとに OD₆₆₀ の吸収と培地中の GABA ならびに Glu の濃度を測定した。その結果を(図 6)に示す。

図 6 より、GABA や Glu 存在下で納豆菌の増殖促進が見られた。今回、結果の記載を省略したが、培地中の窒素源を Glu や GABA のみに制限した場合においても納豆菌の増殖が見られたことから、納豆菌は GABA を栄養源として利用していることがわかった。

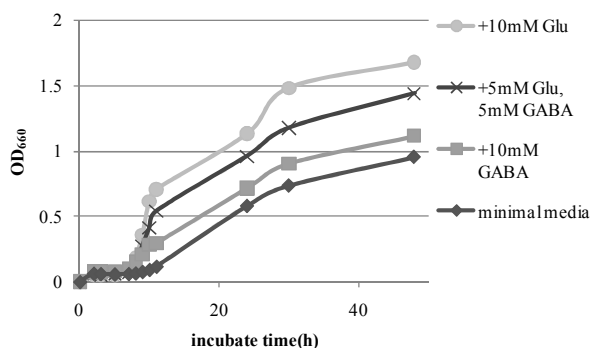


図 7 アミノ酸を添加した最少培地における納豆菌生育曲線

8. 発芽大豆納豆の製造方法

1-7.の知見を基に発芽大豆納豆の製造方法を確立した。本法での製造により発芽大豆納豆 100 g あたり GABA 含量 10 mg を維持することが可能である。

9. 発芽大豆を使用したきな粉の製造

発芽大豆を乾燥後、250 $^{\circ}$ C で一定時間加熱を行った後、粉末に調製したきな粉中に含まれる GABA 含量と色調(表 2)を測定した。

加熱時間に対し GABA 含量は減少、外観の色調は明度が低下することが明らかになった。

表 2 加熱時間における GABA と外観変化

加熱時間 (250 $^{\circ}$ C, min)	GABA (mg/100 gDM)	色調		
		L*	a*	b*
0	58.3	85.7	-1.3	22.9
3	43.3	76.4	4.2	28.5
3.5	41.8	72.0	5.4	28.6
4	16.9	62.4	8.2	29.6
4.5	1.9	43.8	11.0	25.9
5	0.8	38.7	11.5	24.1
7	0.0	17.2	3.9	3.4
10	0.0	16.8	3.6	2.9
市販きな粉	7.6	74.5	2.8	24.8

以上、これらの結果を活用することで、発芽大豆に含まれる GABA を利用した納豆などの大豆加工品の製造方法が可能と思われる。

参考文献

- 1) Yumiko Nakamura, Akiko Kaihara, Kimihiko Yoshii, Yukari Tsumura, Susumu Ishimitsu, Yasuhide Tongoai., : *J. Health Science*, **47**(4), 394-406 (2001)
- 2) 水野時子, 山田幸二 : 日本食生活学会誌, **17**, 329-335 (2007)
- 3) 納豆試験法研究会 編 : 納豆試験法, 株式会社光淋 (1990)
- 4) Joko Sulisty, Naotoshi Taya, Kazumi Funane, Kan Kikuchi., : *Nippon shokuhin kogyo gakkaiishi.*, **35**(4), 278-283 (1988)
- 5) 文部科学省 編 : 五訂増補 日本食品標準成分表 分析マニュアル, 独立行政法人国立印刷局 (2005)
- 6) 日本薬学会編 : 衛生試験法・注解1990 第4版, 金原出版, pp142-149 (1992)
- 7) 長谷川裕正, 郡司章, 永井孝司, 鈴木英子, 市川重和, 田谷直後 : 茨城県工技セ研究報告, **16**, 56-58 (1987)
- 8) くめ・クオリティ・プロダクツ株式会社 : 公開特許公報2009-89682 (2009)
- 9) Suk-Heung Oh : *J. Biochem. Mol. Biol.*, **36**(3), 319-325 (2002)

平成 22 年度 食品加工に関する試験成績

2011 年 8 月 発行

編集・発行 福井県食品加工研究所
〒910-0343 福井県坂井市丸岡町坪ノ内 1 字大河原 1-1
Tel 0776-61-3539 Fax 0776-61-7034
<http://info.pref.fukui.jp/nougyou/noushi/shokuken/>

2011.08.21110.230