

研究論文

食塩と温度が塩麴の品質に及ぼす影響

長谷川 撰^{*1}、船越 吾郎^{*2}

Effect of Salt Concentration and Temperature on the Quality of Salted-koji

Osamu HASEGAWA^{*1} and Goro FUNAKOSHI^{*2}Food Research Center^{*1} Research Support Department^{*2}

塩麴を消化により製造する際に、食塩の添加量や消化温度が酵素活性、直接還元糖及びアミノ態窒素の生成に及ぼす影響について精査した。甘酒に相当する食塩 0%の場合と比較して食塩濃度 7.0%、13.0%の塩麴は α -アミラーゼ活性が低下しやすく、プロテアーゼ活性が低下しにくいことが確認された。直接還元糖の生成量は食塩濃度の影響をあまり受けず、アミノ態窒素は食塩濃度が低いほど多く生成した。塩麴の調理効果に重要な役割を果たす酵素活性は、通常の流通温度ではほとんど失活しないことが確認できた。

1. はじめに

前報¹⁾において、塩麴に添加する食塩濃度によっておいが異なり、甘酒に食塩を添加しても、食塩を添加して消化した塩麴のにおいに近づくことはないことを報告した。また、市販の塩麴 9 点について食塩濃度を測定したところ、最大値 12.2%、最小値 7.4%であった。塩麴の製造過程における食塩濃度の違いは、においだけでなく調味効果として期待されるアミノ酸や糖の量、食材を柔らかくしうまみを引き出すプロテアーゼ活性など、塩麴の品質に重要な要素にも影響を与える可能性が考えられる。また、塩麴中のアミノ酸や糖は麴のプロテアーゼ、アミラーゼによって生成されることから、製造時や流通時の温度によって生成量が変化すると予想される。本稿では、塩麴の食塩濃度や製造時、流通時の温度が塩麴中の成分や酵素活性に与える影響について報告する。

2. 実験方法

2.1 市販塩麴

市販塩麴は前報¹⁾と同じく愛知県内および東京都内で購入した 9 種類の塩麴を試料とした。

2.2 塩麴の調製

塩麴は前報¹⁾と同様に調製した。麴は乾燥麴（みやここうじ（バラ）、（株）伊勢惣）を使用した。麴と水の割合は 3:5 とし、食塩濃度が 13.0%、11.1%、9.1%、7.0%、4.8%、2.4%となるよう食塩を添加して混合した後、45℃、50℃、55℃で 4~96 時間保持して消化を行い、各食塩濃度の塩麴を調製した。また、甘酒に相当する食塩の添加量が 0%の試料も調製した。

なお、使用した麴について一般成分分析を行ったと

ころ、全窒素は 1.0g/100g、炭水化物は 84.5g/100g であった。

2.3 アミノ態窒素および直接還元糖の測定

試料 10g に約 100mL の熱水を加えて加熱し、1 分間弱く煮沸し、ただちにろ過した。これを 250mL に定容したものを試料浸出液とした。

アミノ態窒素は試料浸出液を用いてホルモール滴定法により測定したホルモール窒素をアミノ態窒素とし、麴 100g あたりの量として示した。

直接還元糖は試料浸出液を用いてフェーリング・ローマン・シュール法で測定し、麴 100g あたりのグルコース量として示した。

2.4 酵素活性の測定

試料を 12,000rpm、10 分間遠心分離し、上清と沈殿に分けた。沈殿には水を加えて懸濁し、再度、遠心分離した。上清を集めて定容し、再度遠心分離を行い、上清をろ過した。これを一定量取り、1 晩透析したものを定容し、酵素抽出液とした。

プロテアーゼ活性は基準みそ分析法²⁾に示された方法を元に、酵素反応時間を 10 分間から 60 分間に変更して測定した。pH6.0 において 30℃で 60 分間酵素反応を行った際に、1 分間に 1 μ g のチロシンを遊離させる力価を 1U とし、市販塩麴は塩麴 1g あたり、試作した塩麴は麴 1g あたりで示した。

α -アミラーゼ活性は α -アミラーゼ測定キット（キッコーマンバイオケミファ株式会社）を用いて測定した。酵素抽出液は適宜希釈し、酵素反応は 37℃で 10 分間行った。

2.5 保存中の品質変化

*1 食品工業技術センター 発酵バイオ技術室（現分析加工技術室） *2 共同研究支援部 計測分析室

調製後の品質の変化を確認するため、食塩濃度 13.0%で 24 時間消化した塩麴を 5℃、25℃、35℃で 12 週間保存し、酵素活性、直接還元糖、アミノ態窒素を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 食塩濃度の違いが塩麴の品質に及ぼす影響

50℃で 24 時間消化した塩麴の直接還元糖、アミノ態窒素を表 1 に示す。直接還元糖は 64.6g/100g-麴から 70.2g/100g-麴であり、食塩濃度の違いによる影響はあまりなかった。一方、アミノ態窒素は食塩濃度 13.0%では 0.16g/100g-麴、食塩濃度 0%では 0.31g/100g-麴であった。食塩濃度が低いほどアミノ態窒素の量は多くなり、食塩濃度 0%では食塩濃度 13.0%の約 2 倍となった。

このように、消化により生成する直接還元糖の量は食塩濃度にあまり依存せず、アミノ態窒素は食塩濃度に依存して生成量が変化する傾向が認められたため、以降の実験は食塩濃度 13.0%、7.0%、0%の 3 条件で行うこととした。

3.2 消化時間の違いが塩麴の品質に及ぼす影響

食塩濃度 13.0%、7.0%、0%で調製した塩麴の α -アミラーゼ活性、プロテアーゼ活性、直接還元糖、アミノ態窒素の経時的な変化を図 1 および図 2 に示す。

原料麴の α -アミラーゼ活性は 109U/g-麴であった。

24 時間後の α -アミラーゼ活性はいずれの食塩濃度でも麴と同程度であったが、消化時間が長くなるにつれ活性が低下し、96 時間後には食塩濃度 0%では 72U/g-麴、7.0%では 41U/g-麴となった。前橋ら³⁾は塩麴と甘酒の高温消化において、 α -アミラーゼ活性は塩麴の方が低下が著しいことを報告しており、今回の実験においても同様の傾向を示した。

原料麴のプロテアーゼ活性は 66U/g-麴であった。24 時間後のプロテアーゼ活性はいずれの食塩濃度でも麴と比較して大きな低下は認められなかった。食塩濃度 13.0%、7%では 96 時間後でも活性はあまり低下せず、それぞれ 59U/g-麴、56U/g-麴であった。食塩濃度 0%では消化時間が長くなるにつれ活性が緩やかに低下し、96 時間後には 41U/g-麴となった。

直接還元糖はいずれの食塩濃度においても傾向に違

表 1 塩麴の直接還元糖とアミノ態窒素 (50℃、24 時間消化後)

塩麴の食塩濃度 (%)	直接還元糖 (g/100g-麴)	アミノ態窒素 (g/100g-麴)
0	68.3	0.31
2.4	64.6	0.28
4.8	65.6	0.25
7.0	67.3	0.23
9.1	70.2	0.22
11.1	69.5	0.19
13.0	70.2	0.16

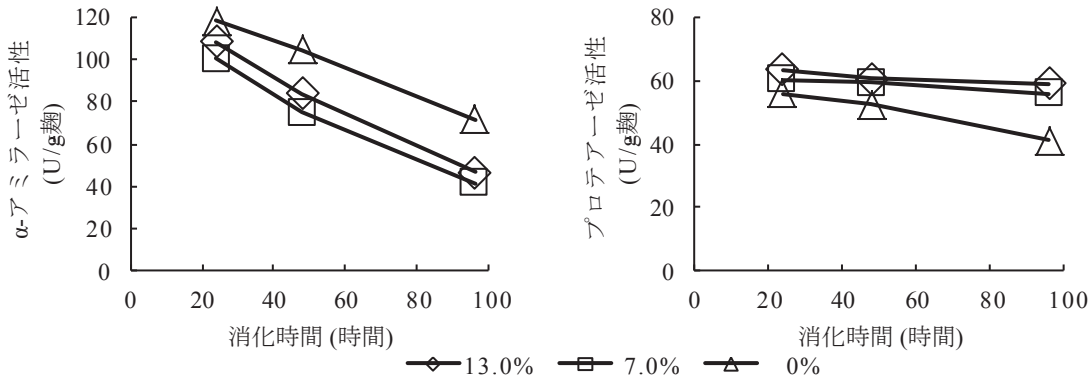


図 1 消化 (50℃) による塩麴中の酵素活性の変化

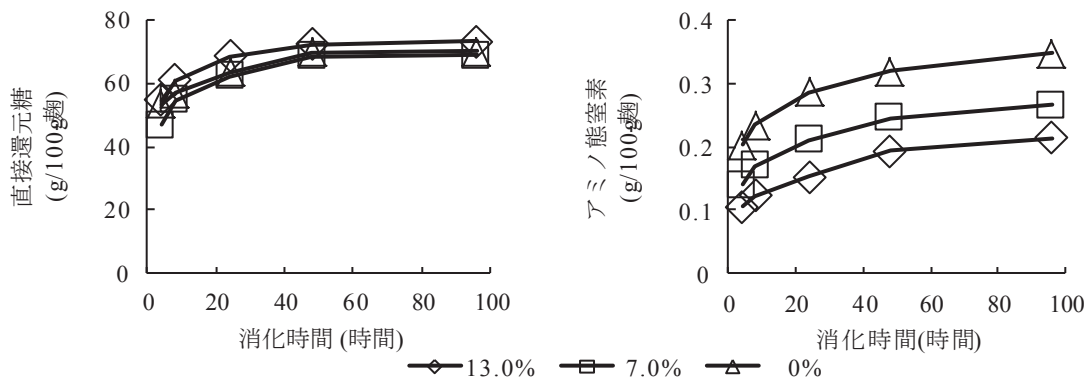


図 2 消化 (50℃) による直接還元糖、アミノ態窒素の生成

いがなく、48 時間後まで増加傾向が認められたが、それ以降はほとんど変化しなかった。48 時間後の直接還元糖は食塩濃度 13.0%の塩麴では 72.4g/100g-麴であった。これは麴由来の炭水化物の 86%以上に相当する量である。 α -アミラーゼが短時間でデンプンを切断し、グルコアミラーゼに速やかに基質を供給するために、直接還元糖の生成に対する α -アミラーゼ活性の低下の影響はほとんどないと考えられた。

アミノ態窒素は 96 時間後まで増加し続けた。プロテアーゼ活性は食塩濃度 0%において低下がみられたが、アミノ態窒素は食塩濃度が低いほど多くなった。プロテアーゼ活性の測定は透析により食塩を除いた酵素を用いていることから、食塩を多く含む塩麴中では食塩がプロテアーゼを阻害するが、プロテアーゼの失活は進みにくいと考えられた。食塩濃度 0%では 96 時間後のアミノ態窒素は 0.35g/100g-麴であったが、その量は麴由来の全窒素の 35%であり、多くの窒素成分がタンパク質やペプチドの状態で存在すると考えられた。前橋ら³⁾も今回の結果と同様、ホルモール窒素は甘酒の方が塩麴よりも多く生成したことを報告している。つまり、塩麴に含まれるアミノ酸量は食塩濃度が低いほど多くなるが、その量は醤油と比べても少ない。そのため、塩麴はアミノ酸の調味効果はあまり期待できないが、含まれる糖により甘味を付与する効果がある。さらに、残存する酵素により調理時に食材を柔らかくしたり、食材のうまみを引き出す効果を期待する調味料であるといえる。そのため、塩麴を 50℃で製造する場合には、過剰な消化は α -アミラーゼ活性を低下させるため望ましくない。また、食塩濃度の違いにより、残存する酵素活性が異なってくるが、消化時間は 24 時間程度であれば実用上の差は生じないと思われる。

3.3 消化温度の違いが塩麴の品質に及ぼす影響

食塩濃度 13.0%の塩麴を 45℃、50℃、55℃で 24 時間から 96 時間消化したときの、 α -アミラーゼ活性、プ

ロテアーゼ活性を図 3 に示す。 α -アミラーゼ活性は 24 時間後において 45℃では 119U/g-麴であったが、温度が高いほど失活が著しく、55℃では 34U/g-麴であった。45℃では 96 時間後でも 108U/g-麴と高い活性を維持していたのに対し、55℃では 2U/g-麴と大きく失活していた。プロテアーゼ活性は 24 時間後において 45℃では 74U/g-麴、55℃では 58U/g-麴であった。96 時間後においてもあまり活性は低下せず、55℃で 52U/g-麴であった。

60℃付近において α -アミラーゼがプロテアーゼと比べて失活しやすいことはこれまでも報告 3)4)があり、塩麴の製造時の温度条件を高めに変更する場合には、たとえ温度を数℃高めるだけでも α -アミラーゼの活性を大幅に低下させる恐れがあるため注意が必要である。

なお、データは示していないが、50℃と 55℃とでは 24 時間から 96 時間消化した場合の直接還元糖、アミノ態窒素の量にほとんど差はなかった。45℃では 24 時間後の直接還元糖、アミノ態窒素は 50℃、55℃と比べてやや少なかったものの、48 時間後以降はほぼ同じ値を示した。微生物汚染の防止の観点からは、消化温度は高めであることが望ましいが、直接還元糖やアミノ態窒素を生成する消化は酵素の失活を引き起こすほどの加温を行わなくても 24 から 48 時間でほぼ完了すると考えられる。

また、市販塩麴では、 α -アミラーゼ活性、プロテアーゼ活性ともに失活しているものが 2 銘柄あった(表 2)。今回の実験では 55℃であってもプロテアーゼ活性はあまり失活せず、これらの塩麴は加熱殺菌を行っていると考えられる。

3.4 保存温度が塩麴の品質に及ぼす影響

食塩濃度 13.0%で 24 時間消化した塩麴を 5℃、25℃、35℃で 4 週間保存したときの、 α -アミラーゼ活性、プロテアーゼ活性、直接還元糖、アミノ態窒素を図 4 および図 5 に示す。 α -アミラーゼ活性は 35℃では時間の

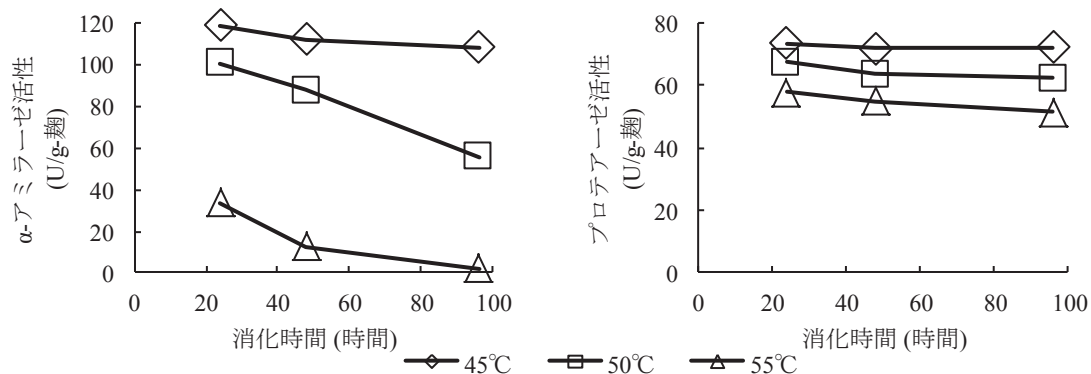


図 3 消化温度が酵素活性に及ぼす影響 (食塩濃度 13.0%)

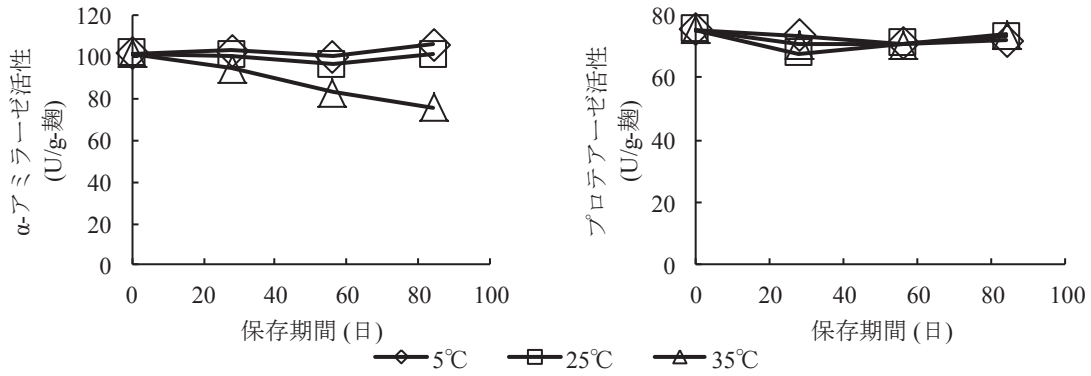


図4 保存温度が酵素活性に及ぼす影響

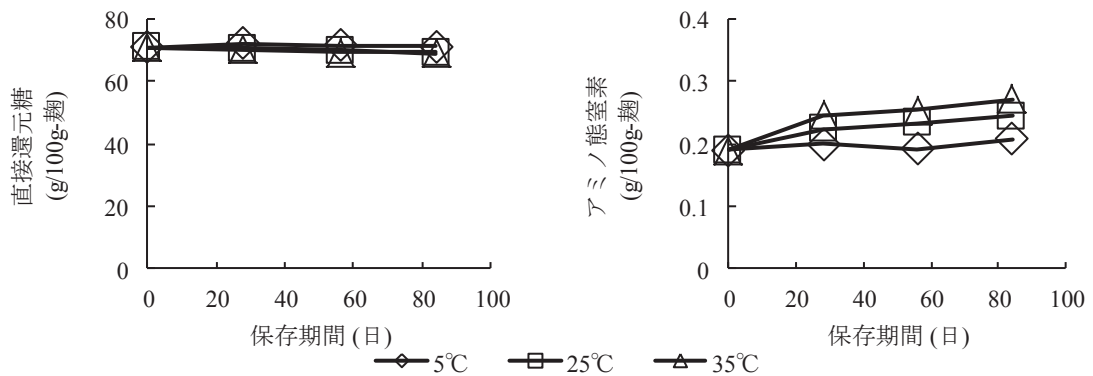


図5 保存温度が直接還元糖、アミノ態窒素量に及ぼす影響

表2 市販塩麴の酵素活性

試料	α-アミラーゼ活性 (U/g)	プロテアーゼ活性 (U/g)
A	0.2	0.2
B	14.8	16.8
C	21.3	14.4
D	8.9	13.0
E	10.7	33.4
F	19.2	12.5
G	23.4	33.6
H	0.1	0.1
I	21.0	41.2

経過とともに活性が低下し 84 日後には 76U/g-麴となった。5°C、25°Cでは 84 日後までほとんど変化が見られなかった。プロテアーゼ活性はいずれの温度でも 84 日後までほとんど変化がなく、保存開始時の活性をほぼ維持していた。直接還元糖はいずれの温度でも 84 日後までほとんど変化がなかったのに対し、アミノ態窒素は 25°C、35°Cでは緩やかに増加していった。また、35°Cで 84 日間保存したものの色調は、5°Cや 25°Cで保存したもの比べてやや褐色が強くなった。このことから、塩麴の流通においては夏場における空調のない倉庫のような高温になる場所に保管することはα-アミラーゼ活性の低下や色調の変化を招くため望ましくないが、空調の効いた店頭などでは酵素の失活の恐れはなく、成分や

色調の顕著な変化はないと思われる。

4. 結び

今回の研究により、塩麴の食塩濃度はアミノ態窒素の生成量に影響を及ぼすことが確認された。消化温度を高めた場合、α-アミラーゼ活性の低下を招く恐れがあるため、製品の酵素活性を高く維持したい場合には消化温度に注意する必要がある。また、通常の流通温度では、酵素の失活はほとんど認められなかった。

付記

本研究は、公益財団法人ソルト・サイエンス研究財団、助成番号 1443 の助成を受けて実施した。

文献

- 1) 長谷川 撰, 船越 吾郎: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **4**, 84 (2015)
- 2) 「みそ技術ハンドブック」基準みそ分析法, (1997), 全国味噌技術会編
- 3) 前橋 健二, 大戸 亜梨花, 山本 達彦, 浅利 妙峰, 柏木 豊, 日本食品科学工学会誌, **62**, 290 (2015)
- 4) 阿部 真紀, 小針 清子, 秋田 修: 実践女子大学生活科学部紀要, **50**, 171 (2013)