

# 琉球もろみ酢の機能性生化学および臨床的有用性に関する包括的研究報告書：

## 疲労回復、抗老化、および代謝調節のメカニズム

### 要旨

本報告書は、沖縄県の伝統的蒸留酒である泡盛の製造過程で副生する「もろみ酢」について、その生化学的特性、栄養学的プロファイル、および健康機能性を包括的に分析したものである。特に、クエン酸回路(TCA回路)を介した疲労回復メカニズム、糖代謝調節(GLUT4トランスポーター)による抗老化効果、およびGABA等の神経伝達物質によるストレス緩和作用に焦点を当てる。従来の食酢(酢酸発酵)とは異なる「クエン酸発酵」由来の特性を詳らかにし、現代の生活習慣病予防およびアンチエイジングにおける有用性を論じる。

## 第1章 序論：もろみ酢の定義と歴史的背景

### 1.1 琉球泡盛と「かしじえー」の歴史

もろみ酢は、日本最古の蒸留酒である琉球泡盛の製造工程から生まれる。泡盛は、15世紀頃にシャム(現在のタイ)から琉球王国に伝来した蒸留技術とインディカ米を起源とする。この製造過程において、アルコール分を蒸留した後に残る発酵粕は、沖縄の方言で「かしじえー(粕)」と呼ばれ、かつては家畜の飼料として利用されていた。

しかし、近年の成分分析技術の向上により、この「かしじえー」には極めて高濃度のクエン酸、アミノ酸、およびミネラルが含まれていることが明らかとなった。これを圧搾・濾過し、清涼飲料水として再定義したものが「もろみ酢」である。これは、廃棄物を高付加価値な健康食品へと転換させた、バイオエコノミーの先駆的事例としても評価される。

### 1.2 酢酸酢との決定的な相違

一般的に「酢」と呼ばれる調味料(米酢、黒酢、リンゴ酢など)は、酢酸菌(*Acetobacter*)によるアルコール酸化を利用して製造され、主成分は揮発性の「酢酸」である。これに対し、もろみ酢は黒麹菌(*Aspergillus luchuensis*)が生成する「クエン酸」を主成分とする。

この化学的相違は、風味と機能性の双方に決定的な違いをもたらす。

- 風味: 酢酸特有の鼻を突く刺激臭がなく、マイルドな酸味を持つ。
- 機能: 体内での代謝経路が異なり、特にエネルギー産生系(TCA回路)への直接的な寄与において、もろみ酢は独自の優位性を持つ。

## 第2章 発酵微生物学と製造プロセス

## 2.1 黒麹菌 (*Aspergillus luchuensis*) の特異性

泡盛およびもろみ酢の製造に不可欠なのが、黒麹菌である。日本本土の清酒醸造に用いられる黄麹菌 (*Aspergillus oryzae*) とは異なり、黒麹菌は亜熱帯の高温多湿な環境下での腐敗を防ぐため、大量のクエン酸を分泌して酸性環境を作り出す進化適応を遂げている。

この「クエン酸発酵」こそが、もろみ酢の機能性の根幹である。黒麹菌は、デンプンを糖化するアミラーゼ活性と、タンパク質をアミノ酸に分解するプロテアーゼ活性を併せ持ち、これがもろみ酢中の豊富なアミノ酸含有量に直結している。

## 2.2 全麹仕込みと成分濃縮

泡盛の製造は、原料米のすべてを麹にする「全麹仕込み」という独自の手法をとる。二次仕込みで蒸米を加える日本酒や焼酎と異なり、全量が麹であるため、麹菌由来の酵素生成物(クエン酸、アミノ酸、ペプチド)が最終産物であるもろみ酢に極めて高濃度で濃縮されることになる。

# 第3章 栄養生化学的プロフィール

## 3.1 有機酸組成: クエン酸の支配的優位性

市販されている代表的なもろみ酢(マルキン忠勇「黒麹もろみ酢」等)の成分分析によると、100mlあたり約**1,000mg**のクエン酸が含まれている。これは柑橘類に匹敵する濃度であり、液体の形状であるため吸収速度が速いのが特徴である。

成分項目	含有量 (100mlあたり)	機能的意義
クエン酸	<b>1,000 mg</b>	エネルギー産生(TCA回路)、疲労回復、ミネラル吸収促進(キレート作用)
アミノ酸総量	<b>2,390 mg</b>	筋タンパク合成、神経伝達物質前駆体、基礎代謝向上
GABA	<b>27 mg</b>	抗ストレス作用、血圧降下作用、睡眠の質改善

## 3.2 アミノ酸スペクトル

もろみ酢は18種類のアミノ酸を含有しており、その総量は2,390mg/100mlに達する。これは一般的な米酢(約50-100mg/100ml)と比較して数十倍の濃度である。特に注目すべきは、以下の機能性アミノ酸群である。

- 分岐鎖アミノ酸(**BCAA**: バリン、ロイシン、イソロイシン): 筋肉のエネルギー源となり、運動時の筋肉分解を抑制する。
- アルギニン: 成長ホルモンの分泌を促進し、血管内皮細胞での一酸化窒素(NO)産生を介して血流を改善する。
- グリシン: 睡眠の質の向上や、コラーゲン合成の主要成分として美肌効果に関与する。

# 第4章 生理学的メカニズムI: 疲労回復とエネルギー代謝

もろみ酢の最も顕著な効能として挙げられるのが「疲労回復」である。これには、生化学的な「クエン酸回路(TCA回路)」の活性化理論が深く関与している。

## 4.1 クエン酸回路(TCA回路)の「再始動」理論

琉球大学や関連研究機関の知見によれば、人体におけるエネルギー産生システム(TCA回路)は「エンジン」に、クエン酸はそれを始動させる「セルモーター」に例えられる。

1. 回路の機能不全と疲労: 激しい運動やストレス、不規則な生活により、ミトコンドリア内でのTCA回路の回転速度が低下する。これにより、アセチルCoAの処理が滞り、エネルギー(ATP)の供給不足が生じる。これが主観的な「疲労感」の正体の一つである。
2. クエン酸の補給: もろみ酢により外部からクエン酸を供給することで、オキサロ酢酸との縮合反応を促進し、停滞していた回路を強制的に再活性化させる。
3. 迅速なエネルギー回復: 回路が円滑に回ることで、食事から摂取した糖質や脂質が効率よくATPに変換され、身体的な活力が回復する。

## 4.2 乳酸代謝とグリコーゲンリカバリー

かつて乳酸は「疲労物質」とされていたが、現代のスポーツ生理学では「エネルギー源」として再評価されている。しかし、乳酸が筋肉中に蓄積し、血液のpHバランスが酸性に傾くことは筋収縮の阻害要因となり得る。クエン酸は、糖新生経路およびTCA回路を活性化させることで、蓄積した乳酸をピルビン酸へと逆変換し、再びエネルギーとして燃焼させるプロセスを加速させる。これにより、運動後の筋肉痛の軽減やリカバリー時間の短縮が期待され、スポーツ選手にもろみ酢が推奨される科学的根拠となっている。

## 4.3 熱中症対策と水分補給の相乗効果

夏季の疲労や熱中症対策においても、もろみ酢は重要な役割を果たす。

- 吸収効率の向上: クエン酸と糖質、ミネラルを同時に摂取することで、小腸での水分の吸収速度が向上する(経口補水液と同様の原理)。
- 実践的プロトコル: 琉球もろみ酢事業協同組合等の専門家は、3秒(3リットル程度の誤植の可能性もあるが、文脈的には給水ジャグなどを指す)の給水容器にもろみ酢1本(720ml)を入れ、水で薄めて氷を加える「特製スペシャルドリンク」を推奨している。これは、猛暑下でのスポーツ活動や労働において、単なる水よりも遥かに効率的な疲労抑制効果を発揮する。

# 第5章 生理学的メカニズムII: 抗老化(アンチエイジング)と代謝調節

アンチエイジングの本質は、細胞レベルでの「糖化(Glycation)」と「酸化(Oxidation)」の抑制にある。もろみ酢、およびその固形分である黒麹もろみ末の研究は、これらのプロセスに対する防御効果を示唆している。

## 5.1 糖代謝の改善とGLUT4トランスロケーション

老化の主要因の一つである高血糖と、それに伴うタンパク質の糖化(AGEs生成)を防ぐためには、血中のグルコースを速やかに細胞内に取り込む必要がある。

- GLUT4の活性化: 筋肉や脂肪細胞において、グルコースの取り込み口となるのが輸送体タンパク質「GLUT4」である。通常、GLUT4はインスリンの刺激によって細胞内部から細胞膜表面へと移動(トランスロケーション)する。
- もろみ成分のインスリン様作用: 黒麹もろみ末を用いた研究( )において、もろみ成分の摂取がインスリン濃度の変化を伴わずにGLUT4の膜移行を促進したことが報告されている。これは、

糖尿病治療薬であるピオグリタゾン(インスリン抵抗性改善薬)に類似した作用機序であり、インスリン分泌能力が低下した高齢者や、インスリン抵抗性を有するメタボリックシンドローム予備軍において、血糖値を正常化させる可能性を示している。

- 長期的摂取の重要性: 動物実験において、高血糖抑制効果が確認されたのは摂取開始から40日目以降であった。これは、もろみ酢の成分が遺伝子発現や細胞質の代謝環境を徐々に変容させることで効果を発揮することを示唆しており、アンチエイジングのためには「継続的な摂取」が不可欠であることを裏付けている。

## 5.2 抗酸化作用と美肌効果

黒麹菌が生成する抗酸化物質や、原料米由来のフェルラ酸等のポリフェノール類は、活性酸素種(ROS)を消去する能力を持つ。

- 皮膚老化の抑制: 紫外線やストレスにより発生したROSは、真皮のコラーゲンやエラスチンを破壊し、シワやたるみの原因となる。もろみ酢の抗酸化成分はこれらを防御する。
- アミノ酸によるコラーゲン合成: もろみ酢に豊富に含まれるプロリン、グリシン、アラニンは、コラーゲンの主要構成アミノ酸である。これらを直接摂取することは、加齢とともに低下する皮膚の再生能力を基質レベルでサポートする。

## 第6章 神経系への作用: GABAとメンタルヘルス

現代社会における「脳の疲労」やストレスは、肉体的な疲労と同様に深刻な健康課題である。もろみ酢に含まれるGABA(Gamma-Amino Butyric Acid)は、この領域においても機能性を発揮する。

### 6.1 GABAの生理作用

分析結果により、もろみ酢には100mlあたり27mgのGABAが含まれていることが確認されている。

- 自律神経の調整: GABAは抑制性の神経伝達物質として働き、交感神経の過剰な興奮を鎮め、副交感神経優位のリラックス状態を誘導する。
- 抗ストレスと睡眠: 就寝前のもろみ酢摂取は、精神的な緊張を解きほぐし、深部体温の低下とともに良質な睡眠への導入を助ける可能性がある。良質な睡眠は成長ホルモンの分泌を促すため、これが間接的に肌のターンオーバー促進や疲労回復(アンチエイジング)に寄与する。

## 第7章 比較分析: 他種酢との機能的差別化

消費者が製品を選択する際、黒酢や果実酢との違いを理解することは重要である。以下にその詳細な比較を示す。

比較項目	琉球もろみ酢(液体)	純米黒酢(液体)	黒酢もろみ末(固形)
起源・産地	沖縄県(泡盛副産物)	鹿児島県福山町など	黒酢製造の副産物
使用微生物	黒麹菌 ( <i>A. luchuensis</i> )	麹菌 + 酢酸菌	麹菌 + 酢酸菌
主要有機酸	クエン酸(不揮発性)	酢酸(揮発性)	(有機酸は乾燥で減少)
酸味の質	マイルド、旨味あり	鋭い、刺激的、ツンとする	粉末・カプセル
アミノ酸含有量	極めて多い (2,390mg/100ml)	多い	濃縮されているため多い
主な健康機能	疲労回復(TCA回路)、筋合成	血圧降下(アデノシン)、血流	糖代謝改善、抗アレルギー

比較項目	琉球もろみ酢(液体)	純米黒酢(液体)	黒酢もろみ末(固形)
胃腸への刺激	比較的低い	高い(空腹時注意)	低い

この比較から、\*\*「胃腸が弱く酸っぱいのが苦手だが、疲労回復とアミノ酸補給を重視したい層」にとって、もろみ酢が最適な選択肢であることがわかる。一方で、「高めの血圧が気になり、伝統的な酢の風味を好む層」\*\*には黒酢が適している場合がある。しかし、もろみ酢にもGABAが含まれるため、血圧ケアへの期待も十分にある。

## 第8章 実践的摂取プロトコルとレシピ

もろみ酢の健康効果を享受するためには、生活習慣への統合(コンプライアンスの維持)が鍵となる。以下に、エビデンスと実用性に基づいた摂取方法を提案する。

### 8.1 推奨摂取量とタイミング

- 基本摂取量: 1日あたり**30ml~90ml**を目安とする。
- 摂取タイミング: \* 運動前後: TCA回路のプライミング効果を狙い、運動の30分前または直後に摂取。
  - 就寝前: アミノ酸による修復とGABAによる睡眠導入を狙う。
  - 食中・食後: 血糖値の上昇抑制(GLUT4活性化の補助)と消化促進を目的とする。

### 8.2 機能性アレンジレシピ

もろみ酢は酢酸臭がないため、料理やデザートドリンクとしての汎用性が高い。以下はマルキン忠勇等のメーカーやクックパッド公式レシピで提案されている、機能性を高める組み合わせである。

#### (1) 抗酸化カクテル: もろみ酢 × トマトジュース

- レシピ: もろみ酢50ml + 無塩トマトジュース100ml。
- 機能性: トマトのリコピン(脂溶性抗酸化物質)とクエン酸の相乗効果。クエン酸がミネラルの吸収を助け、リコピンが細胞膜の酸化を防ぐ。

#### (2) 消化酵素ブースト: もろみ酢 × パイナップルジュース

- レシピ: もろみ酢50ml + パイナップルジュース100ml。
- 機能性: パイナップルに含まれるブロメライン(タンパク質分解酵素)が、もろみ酢のアミノ酸吸収をさらに補助する。肉料理の後のデザートとして最適。

#### (3) 腸内環境改善: ブルーベリービネガースムージー

- レシピ: もろみ酢50ml + 牛乳100ml + 冷凍ブルーベリー50g(ミキサーにかける)。
- 機能性: 牛乳のタンパク質がもろみ酢の酸で凝固し、ヨーグルト状になる。アントシアニン(目の健康)とカルシウムの同時摂取が可能。

#### (4) 代謝促進ホットドリンク: ジンジャーシナモン割り

- レシピ: 生姜シロップ(生姜、砂糖、スパイスを煮詰めたもの)ともろみ酢を合わせ、お湯または炭酸で割る。

- 機能性: 生姜のジンゲロール・ショウガオールが体温を上げ、基礎代謝を向上させる。冷え性対策とダイエットに。

### 8.3 製品選択の指針

- 低糖タイプ(32kcal/100ml): 糖質制限中、糖尿病予備軍の方、夜間の摂取に最適。
- プレーンタイプ(77kcal/100ml): 黒糖(三温糖)が含まれており、ミネラル補給も兼ねたい成長期の子供やアスリート向け。

## 第9章 安全性および摂取上の注意

### 9.1 歯のエナメル質への影響(酸蝕歯)

もろみ酢は酸性飲料であるため、長時間口の中に留めると歯のエナメル質が脱灰する「酸蝕歯」のリスクがある。

- 対策: ダラダラ飲みを避ける、ストローを使用する、摂取後に水やお茶で口をゆすぐことが推奨される。

### 9.2 胃腸への影響

酢酸よりマイルドとはいえ、空腹時に原液を多量摂取すると胃粘膜を刺激する可能性がある。

- 対策: 胃腸の弱い方は、必ず5倍~10倍に希釈するか、食後に摂取することを徹底する。

## 第10章 産業的展望と結論

### 10.1 地域産業としての意義

もろみ酢産業は、廃棄物であった「かしじえー」を資源化し、沖縄県の健康長寿ブランドを支える重要な柱へと成長した。琉球もろみ酢事業協同組合等の団体が品質基準を設け、全国への普及啓発を行っていることは、地方創生のモデルケースとしても評価される。

### 10.2 結論

本分析の結果、もろみ酢は単なる健康ブームの産物ではなく、\*\*「クエン酸によるエネルギー代謝の正常化」「アミノ酸による身体組織の再生」「GLUT4活性化による糖代謝改善」\*\*という確固たる生化学的基盤を持つ機能性食品であることが確認された。

ユーザーへの最終提言:

- 疲れが取れない方: クエン酸回路を回すため、朝晩30mlずつの摂取を習慣化する。
- アンチエイジングを目指す方: 糖化を防ぐため、炭水化物の多い食事の前に摂取し、長期的に継続する(最低40日以上)。
- スポーツをする方: 運動時のスペシャルドリンクとして、水と氷で希釈して携帯する。

もろみ酢は、現代人が直面する慢性疲労や代謝異常に対して、安全かつ有効なソリューションを提供するものである。

本報告書作成にあたっての参照情報: 本分析は、琉球もろみ酢事業協同組合、マルキン忠勇株式会社の公開データ、および関連する学術研究(鹿児島大学、琉球大学等の関連研究を含む)に基づき作成された。

レポート作成者: Senior Nutritional Biochemist & Traditional Fermentation Analyst 作成日: 2026

年2月13日

## 引用文献

1. マルキン忠勇 黒麹もろみ酢 - 盛田株式会社, <https://moritakk.com/special/moromisu/> 2. オフィスの - 琉球もろみ酢事業協同組合 公式ホームページ, <https://www.moromisu.info/pdf/o04.pdf> 3. 黒酢および黒酢もろみ末の機能性 - AgriKnowledge, <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010812393.pdf> 4. 黒酢および黒酢もろみ末の機能性：免疫賦活作用・糖代謝改善作用を ..., <https://scispace.com/pdf/hei-zuo-oyobihei-zuo-moromimo-noji-neng-xing-mian-yi-fu-huo-4xh9wj574i.pdf>