

キャベツ由来乳酸菌による GABA 生成と キャベツ芯の高付加価値化

・江原駿*・三浦健^{2*}・佐藤謙一郎^{3*}・三條千里^{4*}

要 旨

キャベツの芯は硬質であるため加工が難しく、可食部として利用されにくい。このため、食品加工時に廃棄されることが多く、食品ロスの一因となっている。さらに、地域資源のブランディングを目的に、キャベツ由来の乳酸菌を分離・解析し、GABA 高生産株を選抜し、キャベツ芯を発酵することで、キャベツ芯の高付加価値化を図った。得られたキャベツ芯エキスは餃子への応用により機能性(GABA)の付与が可能であることが示された。これにより、キャベツ芯エキスは食品ロスの削減と地域資源の循環的利用に貢献するとともに、機能性乳酸菌の活用による食品の高機能化にも寄与する可能性が示唆された。

結 言

群馬県は全国有数のキャベツの生産地であり、県内にはその県産キャベツを活用したカット野菜工場や餃子製造会社などの食品関連企業が多数存在している。しかしながら、これらの企業ではキャベツの芯が非常に硬く加工が困難であるため、大量に廃棄されており、食品ロスの観点からも大きな課題となっている¹⁾。こうした背景を踏まえ、群馬県では県内の企業、大学、公設試験研究機関が連携し、キャベツ芯の有効活用を目的とした新規加工食品の開発および製品化に取り組むことで、地域資源の循環利用を促進し、持続可能な社会の構築に貢献することを目指している。

これまでに群馬県農業技術センターでは「発酵」をキーワードにキャベツ酢やザワークラウトなどの加工食品を開発し、それらの官能特性や機能性について網羅的な解析を行ってきた。これらの知見を基盤として本研究においては、発酵技術を応用するこ

とでその機能性を高め、商品価値の向上を目指した。

特に、乳酸菌による発酵過程において生成される機能性成分である γ -アミノ酪酸(GABA)に着目し、キャベツ芯加工食品の高機能化に向けた検討を行った。

GABA は生物界に広く分布する非タンパク質アミノ酸であり、ヒトの生体内では抑制性の神経伝達物質として機能し、血圧降下作用、ストレス軽減作用などの生理的効果が報告されている^{2,3,4)}。乳酸菌による GABA は、グルタミン酸カルボキシラーゼによるグルタミン酸の脱炭酸反応によって生成されることが知られており、一般的にグルタミン酸濃度が高くなるにつれて GABA への変換率は徐々に低下する傾向がある^{5,6)}。

しかし、グルタミン酸濃度を高めた条件において GABA 変換率は乳酸菌株ごとに様々である^{6,7,8,9,10)}ことから、グルタミン酸ナトリウム(MSG)添加の影響についても確認を行った。

また本研究は、キャベツから得られた乳酸菌という地域性を活かした独自のブランディングを目指した。これにより、地域農産物の新たな価値創出と、機能性食品素材としての展開可能性を高めることが期待される。

*群馬県農政部農業技術センター分析・加工係

2*学校法人東洋大学生命科学部

3*東海物産株式会社

4*株式会社イートアンドフーズ

本研究の成果は、食品ロス削減、地域資源の有効活用、機能的食品の開発、地域産業の活性化、そしてSDGsの達成に向けた取り組みとして、学術的・社会的にも意義のあるものと考えられる。

試験方法

1 供試菌株

独立行政法人製品技術基盤機構バイオテクノロジーセンターより購入したNBRC3345⁹⁾と群馬県嬭恋村産キャベツおよび株式会社イトアンドフーズ(以下、イトアンドフーズ)提供のキャベツに存在する乳酸菌群を対象とした。

これらの乳酸菌は、東洋大学生命科学部極限環境生物資源利用学研究室においてキャベツ試料から単離された。菌株の同定にはマトリックス支援レーザー脱離イオン化・飛行時間型質量分析計(MALDI-TOF-MS)を用いた質量分析による同定を行った。単離株はさらにキャベツ芯ペーストで30℃、7日間培養した培養液を0.2mmのフィルターでろ過し、ろ液をLC-MSによるGABAの定量分析を行った。得られた定量結果に基づきGABA生産量の多い菌株を選抜した。選抜された菌株は、MRS培地(pH 6.80)を用いて30℃で3日間静置培養を行い、培養終了後に振盪操作を加えたのち、遠心分離により菌体を回収した。得られた沈殿は、培地成分の除去を目的として0.85%食塩水により2回洗浄し、MRS培地由来の残留成分を可能な限り除去した。洗浄後、菌体懸濁液を段階的に100倍に希釈し、光学顕微鏡を用いて形態観察を実施した。

2 GABA測定法

GABAの定量には、液体クロマトグラフ質量分析(LC-MS)を用いた。分析には、アジレントテクノロジー株式会社製のHPLC装置「1260 Infinity II」を使用し、構成はバイナリポンプ、MCTカラムオープン、バイアルサンプラー、ならびにMS検出部から成る。分離には、メルク株式会社製のカラム「Discovery HS F5-3」(長さ15 cm、内径2.1 mm、粒径3 μ m)を用いた。

移動相には0.1%ギ酸水溶液およびアセトニトリルを使用し、グラジエント溶出により分離を行った。移動相の流速は0.3 mL/minに設定し、カラム温度は一定の40℃に維持した。イオン化にはエレクトロスプレーイオン化法(ESI)を採用し、検出はポジティブおよびネガティブモードの両方で実施した

(N=1)。検出範囲は50~300m/zとし、試料の注入量は5 μ lとした。

3 機能的代謝特性の評価

種レベルでの同定が完了している場合でも、株ごとの代謝特性には差異が存在するため、食品応用や機能的評価に向けた選抜には資化性の詳細な解析が不可欠である。

特に、NBRC3345との比較により、単離株の特性を相対的に評価することが可能となり、応用可能性の検討に資する情報が得られる。

そこで単離された乳酸菌の糖質資化特性を評価するために、ビオメリュー社製の乳酸菌同定用キット「API 50 CH」を用いて資化試験を実施した(N=1)。本キットは、49種類の炭素源に対する発酵能を調べることが可能であり、乳酸菌の糖質資化特性を網羅的に解析するために適している。

解析は、製品添付のプロトコルに従って行い、各菌株を専用の懸濁液に懸濁後、APIストリップの各ウェルに分注した。インキュベーションは一定温度(30℃)下で48時間行い、発酵によるpH変化に伴う指示薬の呈色変化を観察することで、各炭素源に対する資化の有無を判定した。判定は、発酵によって生成される酸によるpH低下に伴う指示薬の色変化に基づいて判定した。具体的には、紫色から緑色を経て黄色に変化したものを陽性(+)、紫色から変化のないものを陰性(-)、緑色にとどまったものを弱陽性(\pm)とした。また、エスクリンにおいては、黒色への変化を陽性(+)と判定した。

4 培養試験(pH、濁度、温度)

単離された乳酸菌の増殖特性を評価するため、pHおよび生育度として光学濃度(以下、OD)測定の推移を指標とし、培養期間中の動態を調査した。また、異なる温度条件下での培養試験を実施し、乳酸菌の最適温度を測定した(N=1)。

具体的には、MRS培地において乳酸菌懸濁液の濃度をOD₆₆₀ = 0.6~0.8(マクファーレン濁度2相当)に調整した後、これをMRS液体培地に1v1%添加した。培地の初期pHは6.80に調整し、培養温度は15℃および30℃の2条件で設定した。各条件下において、1日目から7日目までの期間にわたり、定期的にpHおよびOD₆₆₀を測定し、推移をモニタリングした。

5 培養試験(MSG 添加の影響)

キャベツ芯を乳酸発酵の基材として利用するにあたり、キャベツ芯をペースト状にしたのみでは、繊維質が多く残り発酵後の食感が不良であった。

そこで、繊維質による食感不良を改善するため、キャベツ芯をペースト状にした後、固形分を除去し、基質不足の懸念から窒素源およびMSGを添加して調製し、キャベツ芯エキスとして試験に供した。

試験は実製造工程に準じて3日間培養し、3日目にGABA濃度とMSG残存量を測定し選抜した乳酸菌のGABA生産能を評価した。MSG濃度は30℃条件下で10、20、30 mg/mL、15℃条件下では事前検討で分解が不十分と予測されるため10、20 mg/mLで設定した(N=1)。乳酸菌はMRS培地で培養後、OD₆₆₀ = 0.6~0.8(マクファーレン濁度2相当)に調整し、キャベツ芯エキスに1vol%添加した。

6 発酵実機試験

1) 発酵キャベツ芯ペースト食味試験による乳酸菌株の選定

キャベツ芯から選抜した乳酸菌を対象に、食味試験を実施し消費者受容性の観点から有望な菌株の選定を試みた。各乳酸菌をキャベツ芯ペーストに接種し、3日間、30℃条件下で発酵させた後、得られた発酵ペーストについて、担当者7名で試食を行った。評価は、メーカーの商品開発者の視点に基づき、基準として、①旨味の深さ、②酸味のバランス、③全体的な味の調和、④食品素材としての適性の4項目を設定し、各項目について相対的な評価を行った。

2) 選定乳酸菌による発酵キャベツ芯エキスを食品素材とした加工食品の試作

選定された乳酸菌はキャベツ芯エキスを基材として用いた発酵に適用され、実機に準じ、キャベツ芯の処理量約20kgのスケールで発酵試験を実施した。その後、得られた発酵後のキャベツ芯エキスをイートアンドフーズの主力製品であり、キャベツを主要原料とする餃子に添加し、食品素材としての実用性を検討した。なお、GABAの配合量は餃子6個あたり1日分の推奨摂取量である30mg^{2,3,4)}添加することを目標とした。

結 果

1 単離株の GABA 生産量の比較

キャベツ試料由来微生物について、分析、同定を行った結果 *Levilactobacillus brevis* に属する19

菌株を単離することに成功した。さらにこれら19菌株のGABA量を比較した結果、複数の乳酸菌が既知のGABA生産株であるNBRC3345と同等以上のGABA生産量を示すことが明らかとなった(図1)。特に培養液中のGABA濃度が高い生産量を示した上位6株(D株、I株、L株、N株、O株、S株)を選抜し、特性評価試験に供した。

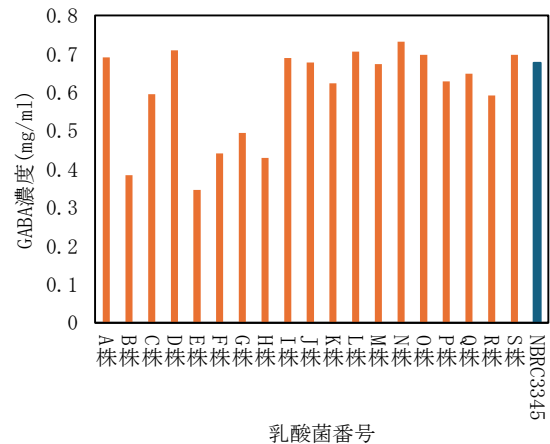


図1. 19菌株のGABA生産量

2 選抜菌株の形態及び培養特性

選抜した乳酸菌についてMRS培地で培養後、洗浄・希釈し、光学顕微鏡で形態観察を実施した結果、いずれの菌株においても桿菌(rod-shaped bacteria)であることが確認され、*Lactobacillus*属の特徴を示した。さらにL株においては顕著な凝集性を示した。具体的には振盪操作直後から菌体の挙動に顕著な変化が認められ、振盪後菌体が速やかに沈降・凝集し、明瞭な沈殿を形成する様子が観察された(図2)。

光学顕微鏡による詳細な観察では、凝集した菌体が密に集積している様子が確認され、個々の菌体が互いに接触しながら凝集構造を形成していた(図3)。

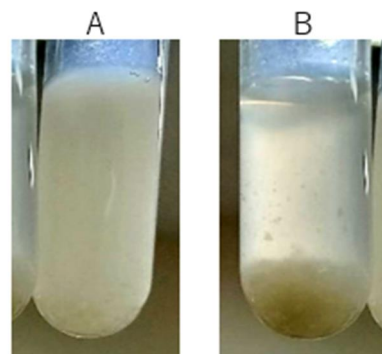


図2. MRS液体培地で培養した *L. brevis*

A: NBRC 3345 B: L株

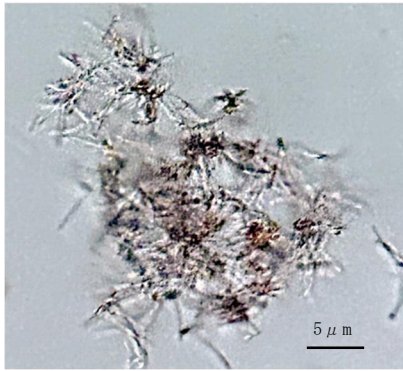


図3. L株を光学顕微鏡で観察した結果 (2000×)

3 機能的代謝特性の評価(糖質資化試験)

選抜した乳酸菌について、API50CH を用いた糖質資化試験を実施した(表1)。NBRC3345 と選抜した乳酸菌は、全体として類似した糖質資化性を示したが、特定の基質に対する反応性には菌株間で差異が認められた。I株とO株、N株とS株は、それぞれ同一の糖質資化性を示した。一方、D株およびL株は、他のいずれの菌株とも一致しない糖質資化性を示した。さらに、D株およびL株は5-ケトグルコン酸に対して弱陽性または陽性の反応を示した。

4 培養試験(pH、濁度、温度)

食品加工への応用を目的として、選抜した乳酸菌について、異なる温度条件下における濁度およびpHの推移を指標とした増殖特性および発酵挙動の比較評価を行った。

30℃条件下では、培養1日目にNBRC3345を含むすべての菌株で濁度の上昇が認められた。L株を除く菌株では、培養2日目に最大濁度に達し、培養3日目以降は濁度が維持されるか、若干の低下が見られた。培養7日目には、L株を除く菌株でほぼ同程度の濁度となった(図4A)。L株では、培養2日目に濁度の顕著な低下が認められ、培養3日目以降も他の菌株よりも低い濁度を示した。L株は先行の顕微鏡観察において強い凝集性を示しており、菌体の沈降・凝集に伴う濁度の低下が見られた。

30℃条件下でのpHは、NBRC3345を含むすべての菌株で培養1日目に低下し、培養2日目以降は上昇傾向を示した(図4B)。

15℃条件下では、NBRC3345を含む全ての菌株において濁度の増加は緩やかであった。I株およびO株では、培養3日目以降に他の菌株と比較して濁度の増加が大きく、これに伴いpHの上昇傾向も認められた(図4C、D)。

表1. 選抜菌株の糖質資化性評価

糖質	菌株番号							糖質	菌株番号						
	D株	I株	L株	N株	O株	S株	NBRC 3345		D株	I株	L株	N株	O株	S株	NBRC 3345
コントロール	-	-	-	-	-	-	-	エスクリン	+	+	+	+	+	+	±
グリセロール	-	-	-	-	-	-	-	サリシン	-	-	-	-	-	-	-
エリスリトール	-	-	-	-	-	-	-	D-セロビオース	-	-	-	-	-	-	-
D-アラビノース	-	-	-	-	-	-	-	D-マルトース	+	+	+	+	+	+	+
L-アラビノース	+	+	+	+	+	+	+	D-ラクトース	-	-	-	-	-	-	-
D-リボース	+	+	+	+	+	+	+	D-メリビオース	±	±	±	±	±	±	+
D-キシロース	+	+	+	+	+	+	+	D-スクロース	-	-	-	-	-	-	+
L-キシロース	-	-	-	-	-	-	-	D-トレハロース	-	-	-	-	-	-	-
D-アドニトール	-	-	-	-	-	-	-	イヌリン	-	-	-	-	-	-	-
メチル-βD-キシロピラノシド	-	+	+	-	+	-	+	D-メレジトース	-	-	-	-	-	-	-
D-ガラクトース	+	±	+	+	±	+	±	D-ラフィノース	-	-	-	-	-	-	-
D-グルコース	±	±	+	±	±	±	±	デンプン	-	-	-	-	-	-	-
D-フルクトース	+	+	+	+	+	+	+	グリコーゲン	-	-	-	-	-	-	-
D-マンノース	-	-	-	-	-	-	-	キシリトール	-	-	-	-	-	-	-
L-ソルボース	-	-	-	-	-	-	-	ゲンチオビオース	-	-	-	-	-	-	-
L-ラムノース	-	-	-	-	-	-	-	D-ツラノース	-	-	-	-	-	-	-
ダルシトール	-	-	-	-	-	-	-	D-リキソース	-	-	-	-	-	-	-
イノシトール	-	-	-	-	-	-	-	D-タガトース	-	-	-	-	-	-	-
D-マンニトール	-	-	-	-	-	-	-	D-フコース	-	-	-	-	-	-	-
D-ソルビトール	-	-	-	-	-	-	-	L-フコース	-	-	-	-	-	-	-
メチル-αD-マンノピラノシド	-	-	-	-	-	-	-	D-アラビトール	-	-	-	-	-	-	-
メチル-αD-グルコピラノシド	-	-	-	-	-	-	-	L-アラビトール	-	-	-	-	-	-	-
N-アセチルグルコサミン	±	-	+	±	-	±	±	グルコン酸(塩)	±	±	±	±	±	±	±
アミグダリン	-	-	-	-	-	-	-	2-ケト-グルコン酸(塩)	-	-	-	-	-	-	-
アルブチン	-	-	-	-	-	-	-	5-ケト-グルコン酸(塩)	+	-	±	-	-	-	-

注) 陽性 (+)、弱陽性 (±)、陰性 (-)

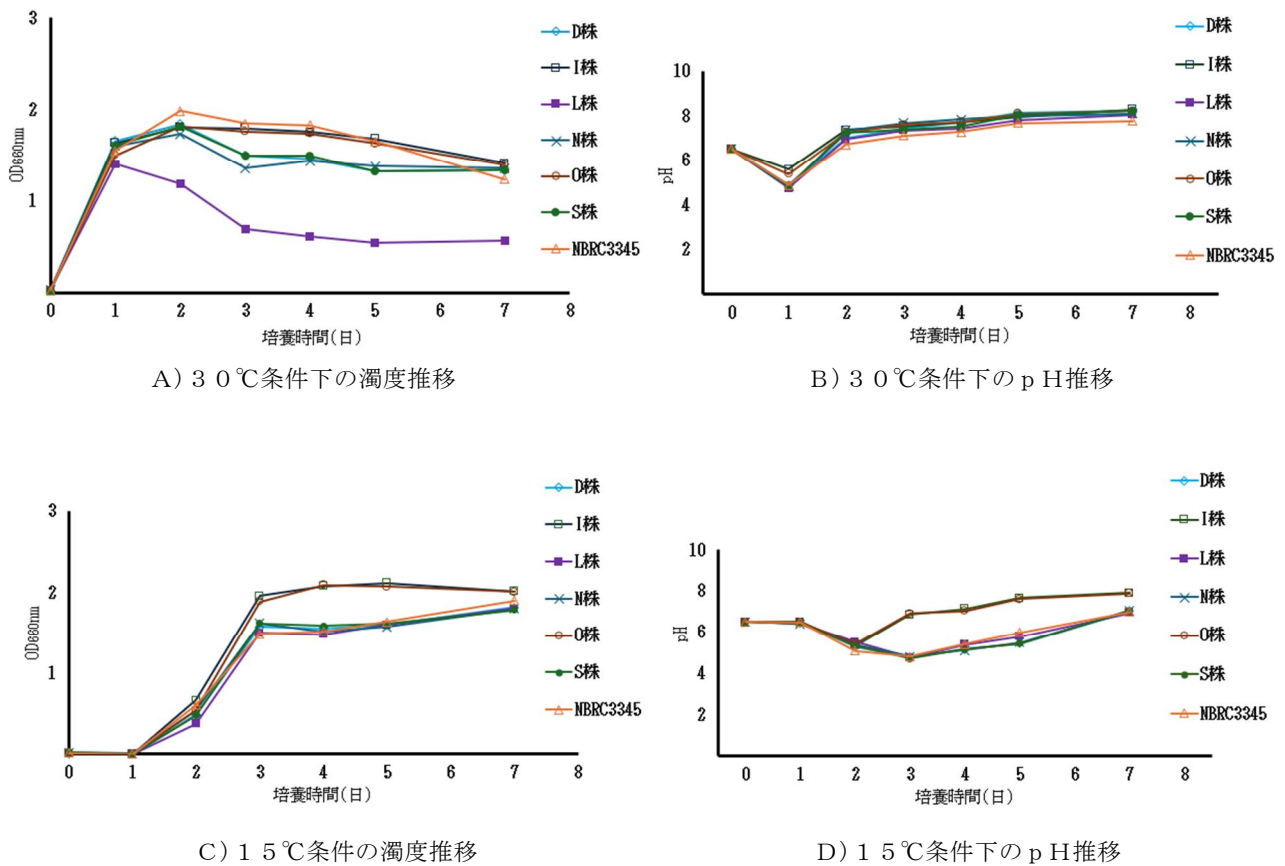


図4. 各温度条件における選抜菌株の濁度およびpHの推移

5 培養試験(MSG添加の影響)

30°C、培養3日目において、MSG10mg/mlでは培養菌株間のGABA生産量に大きな差は認められなかった。MSGを20mg/ml、30mg/mlに増加させた条件では、I株およびO株においてNBRC3345を上回るGABAの生産が確認された(表2)。MSGの残存に関してMSG10mg/mlにおいては、全ての菌株で残存率が約0~3%であった。添加量20mg/ml、30mg/mlでは、O株とI株が約0~3%の残存率であったのに対しNBRC3345を含むその他の菌株では23~40%の残存率となりMSG資化性はO株とI株が高く、その他はほぼ同等であった(表2)。

なお、O株とI株では培養7日目でもGABAは高水準を維持しており、NBRC3345と比較して約3~5mg/ml多くGABAが生成されていた。

15°C、培養3日目において、MSG10mg/ml、20mg/mlで菌株間のGABA生産量に違いが見られ、O株とI株においてNBRC3345を上回るGABA生産が確認された(表3)。これらの菌株は、濁度およびpHの推移においても特徴的な変化を示しており、低温環境下でも

GABAを生成する能力を示した。MSGの残存量に関してMSG10mg/mlにおいては、I株とO株が22.4%と30.4%の残存率であったのに対しNBRC3345を含むその他の菌株では約85~98%の残存率となりMSG資化性はO株とI株が高く、その他はほぼ同等であった。MSG20mg/mlにおいても、O株が61.8%、I株が83.6%の残存率であったのに対しNBRC3345を含むその他の菌株では90%以上の残存率であった(表3)。

なお、O株とI株のGABA濃度は培養7日目において30°C同様にNBRC3345と比較してO株とI株では約3~5mg/mL多くGABAが生成されていた。

本研究においては、MSGが発酵終了時点でほぼ全量消費されている状態を想定しており、最終製品中に残留しない、あるいは微量であることを前提としている。以上の前提を踏まえ、初期のMSG添加濃度を10mgとし、発酵や反応が促進されると考えられる30°Cの温度条件下で試験を実施することとした。

表2. 30℃条件における発酵3日目のGABA濃度とMSG残存率 (%)

分析対象	MSG10mg/ml添加		MSG20mg/ml添加		MSG30mg/ml添加	
	GABA(mg/ml)	MSG残存率(%)	GABA(mg/ml)	MSG残存率(%)	GABA(mg/ml)	MSG残存率(%)
D株	5.8	1.3	8.5	30.8	11.9	36.0
I株	6.3	0.0	12.9	2.1	18.2	3.1
L株	6.0	1.3	8.3	36.7	10.0	27.9
N株	6.0	1.1	7.5	23.3	12.7	25.7
O株	6.1	0.0	12.9	0.9	16.6	2.2
S株	6.9	2.8	8.6	38.9	12.0	35.7
NBRC3345	5.9	2.1	10.8	24.0	13.9	36.1
基材	0.2	94.0	0.2	95.2	0.3	95.0

注) MSG 残存率 (%) は MSG 添加量を 100% としたときの相対割合 (%)

表3. 15℃条件における発酵3日目のGABA濃度とMSG残存率 (%)

分析対象	MSG10mg/ml添加		MSG20mg/ml添加	
	GABA(mg/ml)	MSG残存率(%)	GABA(mg/ml)	MSG残存率(%)
D株	0.3	95.6	0.3	96.8
I株	4.3	22.4	4.3	61.8
L株	0.3	94.2	0.3	95.3
N株	0.3	89.4	0.4	98.9
O株	4.4	30.4	3.6	83.6
S株	0.3	91.1	0.3	99.7
NBRC3345	0.5	86.3	0.4	91.7
基材	0.2	96.2	0.2	99.5

注) MSG 残存率 (%) は MSG 添加量を 100% としたときの相対割合 (%)

6 発酵実機試験

1) 試作に供する乳酸菌の選定

消費者受容性の観点から試作に供する乳酸菌を選定するため、キャベツ芯ペーストを用いた食味試験を行った。その結果、いずれの菌株においても旨味の深さに関しては大きな差異は認められなかった。一方で、酸味のバランスに関しては、N株を除く5菌株において酸味が感じられ、味全体の調和を欠く傾向が見られた。

これらを総合的に判断したところ、N株は酸味が程よく抑えられ、全体としての味の調和が優れていたことから、N株を試作に用いた。

2) 選定乳酸菌による発酵キャベツ芯エキスを食品素材とした加工食品の試作

N株を用いた試作は、東海物産において作製したMSGを10mg/mlとなるように添加したキャベツ芯エキスを基材として、実機に準じた条件で発酵させた。

発酵終了時のGABA生産量は約5.89 mg/mlであつ

た。これは培養試験における結果と一致する傾向を示した。調整したMSGは10mg/ml(推定値)であり、理論的にはモル対モルの完全変換を仮定した場合、最大で約6.10 mg/mlのGABAが生成される計算となることから、実験により得られたGABA濃度はこの理論値に近く、供試されたMSGの大部分がGABAへ変換されたことが示された(表4)。

発酵後のキャベツ芯エキスについて、GABAによる血圧降下やストレス緩和の機能性を期待できる1日当たりの摂取量 $30\text{mg}^{2,3,4}$ を満たすためには5.1mlの摂取が必要であることが分かった。そこで、餃子に添加するため、薄膜式減圧濃縮装置を用いて、約3.5倍に濃縮処理を行い、1.5mLのキャベツ芯エキスの添加で30mgのGABAを摂取できるように処理することとした。

得られたキャベツ芯エキスを用いて、イートアンドフーズの餃子の原料の加水量の一部をキャベツ芯エキスに置き換える形で試作を行った。

加水量の置き換えであったため、餡の物性や調理性には大きな影響を与えることなく、通常の餃子と同様の方法で焼成が可能であった(図 5)。味覚に関して担当者 7 名中 6 名が「通常の餃子との差はない」と回答した。

表 4. 基質量と GABA 生産量(濃縮前後)

菌株番号	MSG(mg/ml) (推定値)	発酵終了時の GABA(mg/ml)	濃縮後の GABA(mg/ml)
N株	10	5.89	21.16



図 5. キャベツ芯エキス入り餃子

考 察

本研究では、キャベツ芯の有効活用を目的に、エキス化および乳酸菌発酵技術を応用した高付加価値食品素材の開発を行った。

キャベツから単離した乳酸菌群のうち NBRC3345 と同等以上の GABA 生産能を示した 6 株 (D、I、L、N、O、S) について、GABA 生成能、糖質資化性、形態、凝集性、付着性、温度依存性などを多角的に評価した。30℃条件下では L 株を除く菌株が安定して増殖し、L 株では濁度の低下が見られたが、これは菌体の凝集・沈降によるもので菌数の減少ではないと考えられた。L 株は強い凝集性と付着性を示し、腸管定着性やバイオフィーム形成に関与する表層タンパク質や多糖類の存在が示唆され、プロバイオティクスとしての応用が期待される。^{10, 11, 12, 13, 14)}

pH は全菌株で初期に低下し、培養 2 日目以降に上昇する傾向が見られた。これは乳酸菌による発酵と、グルタミン酸の脱炭酸反応による GABA 生成に起因

すると考えられる¹⁵⁾。MSG10 mg/ml 添加条件下での GABA 生産量は理論値に近く、高い変換効率が確認された。15℃条件下では I 株と O 株が活発な代謝を維持し、冷蔵培養を前提とした食品製造への応用可能性が示された。

糖質資化性では、I 株、O 株および N 株、S 株が類似した資化性を示し、D 株、L 株は 5-ケトグルコン酸に陽性を示した。このような資化性は、*L. brevis* において一部報告されているが、本菌株における味や成分への影響などについては未検討である¹⁰⁾。

GABA 生成では、MSG 濃度の上昇に伴い O 株と I 株が NBRC3345 を上回る生成能を示し、30 mg/ml 条件下でも MSG 残存量が約 2~3%であり、高濃度環境下でも効率的な GABA 生成が可能と考えられる。

キャベツ芯エキスを餃子に応用した結果、一部でキャベツ由来の青臭さが指摘されたが、風味変化は限定的であり、嗜好性を損なうことなく機能性を付加できた。キャベツ特有の風味を活かすにはスープなど単純な味構成の食品が適している可能性が示唆された。さらに、粉末化工程の導入により青臭さの改善と保存性の向上が期待される。

引用文献

- 1) 工藤美奈子ら. 2021. 未利用資源「キャベツの芯」の成分とそのギョウザたねへの活用. 日本家政学会誌. 72(10):664-672.
- 2) 岡田忠司ら. 2000. γ -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽の経口投与における更年期障害および初老期精神障害に対する効果. 日本食品科学工学会誌. 47-8:596-603.
- 3) 風見大司ら. 2002. γ -アミノ酪酸配合和風調味料の軽症高血圧者, 正常高血圧者を含む健常者に対する降圧作用. 日本食品科学工学会誌. 49-6:409-415.
- 4) 佐々木泰弘ら. 2010. ギャバ (GABA) の効能と有効摂取量に関する文献的考察. 美味技術研究会誌. 15:32-37.
- 5) 侯歌川ら. 2013. γ -アミノ酪酸 (GABA) を高生産する乳酸菌の選抜と鶏肉発酵調味料の GABA 富化. 日本食品科学工学会誌, 60(3):125-132.
- 6) 堀江健二ら. 2019. GABA の生産技術の確立と高機能食品の市場開発—ユニークな機能性食品素 “GABA” はどのようにして生まれたか. 化学と生物. 57(4): 207-212.

- 7) 奥原宏明ら. 2022. γ -アミノ酪酸(GABA)を高効率に生産する新規乳酸菌の特長と利用方法. 新潟県農業総合研究所研究報告. 19:94-98.
- 8) 和田潤ら. 2022. γ -アミノ酪酸(GABA)を高生産する乳酸菌の探索. 京都市産業技術研究所研究報告. 12:1-4.
- 9) 広瀬直人ら. 2017. 乳酸発酵によってGABAを強化した黒糖の開発. 日本食品保蔵科学会誌. 43(6):269-273.
- 10) 西岡浩貴ら. 2022. 阿波晩茶から分離された乳酸菌の特性. 美味技術学会誌. 21(1):12-19.
- 11) 齋藤勝一ら. 2016. *Lactobacillus brevis* の凝集を引き起こす物質の探索. 食品総合研究所報告. 80:75-80.
- 12) Alp, G ら. 2010. The role of hemagglutination and effect of exopolysaccharide production on bifidobacteria adhesion to Caco-2 cell in vitro. Microbiology and immunology. 54(11):658-665.
- 13) 吉田明弘. 2010. 口腔細菌のクオラムセンシングとバイオフィーム形成. 環境バイオテクノロジー学会誌. 10:9-14.
- 14) 花田信弘ら. 2006. 口腔乳酸菌のバイオフィーム形成と様々な生き残り戦略. 日本乳酸菌学会誌. 17:47-50.
- 15) 渡辺正仁ら. 2010. GABA と GABA システム. 保健医療学雑誌. 1(1):3-9.

(Key Words: Cabbage core, cabbage-derived lactic acid bacteria, underused resources, GABA, cabbage core extract)

GABA Production by Cabbage-Derived Lactic Acid Bacteria and Value-Added Utilization of Fermented Cabbage Core

Shun EBARA*, Takeshi MIURA^{2*}, Kenichiro SATO^{3*}, Chisato SANJO^{4*}

Summary

Cabbage cores are often discarded due to their hardness, which contributes to food waste. In this study, we aimed to utilize this underused resource by converting it into an extract and investigating its potential for functional food development. Lactic acid bacteria (LAB) were isolated from cabbage and screened for high γ -aminobutyric acid (GABA) production. The selected strains demonstrated the ability to ferment cabbage core extract and enrich it with GABA. The resulting GABA-enriched cabbage core extract was successfully incorporated into dumplings, indicating its potential for enhancing the functionality of foods. This approach not only helps reduce food waste and promotes the circular use of local agricultural resources but also underscores the potential of functional LAB in developing high-value-added food products.