

パパイン製剤、イチジク果汁またはキウイフルーツ果汁の添加が「はかた地どり」ムネ肉の機能性成分含量、抗酸化活性およびアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性に及ぼす影響

竹内菜恵*・増本憲考・江嶋亜祐子

「はかた地どり」加工品において、イミダゾールジペプチド (IDP) 等の機能性成分含量、抗酸化活性およびアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性を増加させることを目的とし、ミンチ状にしたムネ肉へのパパイン製剤またはイチジク果汁、キウイフルーツ果汁の添加がムネ肉中のそれらの含量と活性に及ぼす影響について検討した。遊離総ペプチド量が全試験区で酵素液または果汁の添加量に伴って増加したことから、各区ともプロテアーゼが作用したことが示唆された。しかしながら、IDP はパパイン製剤を 1% または 2% 添加した区でのみ増加した。同区では β -アラニン (β -Ala) とアスパラギン酸 (Asp) も増加したことから、IDP 生成経路が作用したものと推察された。一方、イチジク区およびキウイフルーツ区では IDP や β -Ala, Asp 含量の増加は認められなかった。 γ -アミノ酪酸 (GABA) はパパイン区およびイチジク区で増加し、特にイチジク果汁を 20% 添加した区では 100 g 当たり 0.04mg から 7.06mg に増加した。抗酸化活性は全試験区で上昇した。また、ACE 阻害活性は全試験区で対照区より 3~4 ポイント上昇した。

以上のことから、「はかた地どり」ムネ肉にパパイン製剤やイチジク果汁、キウイフルーツ果汁を添加することで様々な機能性成分や抗酸化活性および ACE 阻害活性を増強した加工品開発が可能になるといえる。

[キーワード: はかた地どり, イミダゾールジペプチド, 機能性, プロテアーゼ, 鶏ムネ肉]

Effects of Papain Enzyme Solution and Fig or Kiwifruit Extract on the Content of Functional Ingredients, Anti-oxidative Activity, and Angiotensin I Converting Enzyme Inhibiting Activity in 'Hakata Jidori' Chicken Breast Meat. TAKEUCHI Nae, Noritaka MASUMOTO and Ayuko ESHIMA (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 6: 74-79 (2020)

The effects of papain enzyme solution or fruit extracts on functional ingredients, anti-oxidative activity, and angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibiting activity in 'Hakata Jidori' chicken breast meat were investigated in order to make 'Hakata Jidori' chicken breast meat food products that have increased functional ingredients. The amount of free peptides increased when chicken breast meat was mixed with either papain enzyme solution, fig extract, or kiwifruit extract, indicating that protease in the papain solution or fruit extracts was activated. Imidazole dipeptide content of chicken breast meat mixed with papain enzyme solution was increased; however, imidazole dipeptide content was not increased in breast meat mixed with fruit extracts. γ -amino butyric acid (GABA) content was increased in breast meat mixed with papain enzyme solution or fig extract, particularly when breast meat was mixed with 20 % fig extract. Anti-oxidative activity increased with all experimental additives. ACE inhibiting activity was increased by 3 to 4 % with all experimental additives. These results indicate it is possible to make 'Hakata Jidori' chicken breast meat food products that have increased functional ingredients, anti-oxidative activity, and ACE inhibiting activity, by mixing meat with papain enzyme solution, fig extract, or kiwifruit extract.

[Key words: chicken breast meat, functional ingredient, Hakata Jidori, imidazole dipeptide, protease]

緒 言

福岡県が育成した「はかた地どり」は、平成 30 年 3 月に食鳥処理施設の拡充整備が完了したことで 60 万羽出荷体制が確立し (福岡県 2018)、首都圏の外食産業等への売り込みを強化している。「はかた地どり」のムネ肉には機能性成分イミダゾールジペプチド (以下 IDP) がブロイラーよりも多く含まれることが明らかにされており (北崎ら 未発表)、機能性表示食品として「はかた地どり」をブランド化することを支援するため、IDP を活かした加工技術の確立が期待されている。IDP はイミダゾール基を持つジペプチドの総称で、主なものとして β -アラニ

ン (以下 β -Ala) と 1-メチルヒスチジンで構成されたアンセリンおよび β -Ala とヒスチジンで構成されたカルノシンがある。鶏肉にはカルノシンよりもアンセリンのほうが多く含まれており (近藤ら 2005)、また、モモ肉よりムネ肉に多く含まれている (小出ら 2007)。小出ら (2007) はミンチ状にしたムネ肉を冷凍貯蔵した後に解凍すると IDP 含量が有意に増加したと報告している。動物の骨格筋にはカテプシンなどのタンパク質分解酵素であるプロテアーゼが含まれていることから (藤巻・沖谷 1975)、ムネ肉をミンチ状にしたり冷解凍を行ったりすることで細胞が破壊されてそれらの内在性プロテアーゼが働き、IDP が増加したことが考えられた。プロテアーゼは

システイン（チオール）プロテアーゼやセリンプロテアーゼ、金属プロテアーゼ、酸性プロテアーゼに分類することができ、前述のカテプシンはシステインプロテアーゼに属する（森原 1975）。また、植物プロテアーゼとしてよく知られているパパイアのパパイインおよびパイナップルのブロメライン、イチジクのフィシン、キウイフルーツのアクチニジンもカテプシンと同じシステインプロテアーゼに属している（森原 1975, 西山 2014）。福岡県はイチジクおよびキウイフルーツの生産が盛んであることから、県産農畜産物の消費拡大を図る目的で、これらの果実を本試験に用いることとした。また、小野ら（2002）は食品タンパク質にプロテアーゼ処理をすることで血圧の上昇に関与するアンジオテンシンⅠ変換酵素（以下 ACE）を阻害することを報告している。内在性プロテアーゼに加え、パパイイン製剤、イチジク果汁またはキウイフルーツ果汁を添加することでこれらに含まれるプロテアーゼが働き前述の機能性活性が上昇すれば、より付加価値を高めることができると考えられる。そこで、本試験では果汁を活用した加工処理によって機能性成分を増加させることを目指し、まず、植物由来プロテアーゼを「はかた地どり」ムネ肉に作用させ、遊離総ペプチド量を分析することでタンパク質の分解量を調査した。その後 IDP や機能性を有するアミノ酸成分、抗酸化活性、ACE 阻害活性の変化について調査したので報告する。

材料および方法

1 供試材料

福岡県内で飼育された「はかた地どり」ムネ肉を 2018 年 7 月および 11 月に食鳥処理施設から購入後、直ちに電動ミンサーを用いて 4mm でミンチ状（以下ミンチ肉）にした。その後真空包装機（ホシザキ（株）HPS-300A）を用いて真空処理を行い、以下の試験に供するまで -80℃ の超低温冷蔵庫（日本フリーザー（株）CLN-50CD1）で冷凍保存した。

2 供試酵素液および果汁

パパイイン製剤（和光純薬工業（株）製）は酵素処理直前に超純水（（株）東洋製作所製 RFU464BA）に溶解して 2.5, 5 および 10% 溶液を作成した。これらの溶液はそれぞれパパイイン 0.5, 1 および 2% 区作成のための酵素液として使用した。イチジク果実は 2018 年 8 月中旬に福岡県内で収穫された「とよみつひめ」を用いた。キウイフルーツ果実は、福岡県でも栽培されている品種「ヘイワード」を用い、定期的に県産果実が入手困難であったため、2018 年 9 月中旬に福岡県内の量販店で購入したニュージーランド産の果実を供試した。これらをジューサー（SHARP（株）製 EJ-CP10A）を用いて搾汁し、果汁を得た。各果汁は、超純水を用いて 2 倍および 4 倍希釈した溶液を作成した。希釈前の果汁およびこれらの希釈溶液はそれぞれ 5, 10 および 20% 区作成のために使用した。

3 ムネ肉のプロテアーゼ処理

ミンチ肉 56 g に対照区（酵素無添加）は超純水を、パパイイン製剤処理区（以下パパイイン区）、イチジク果汁処理

区（以下イチジク区）およびキウイフルーツ果汁処理区（以下キウイフルーツ区）は酵素液または果汁を 14mL 添加した。この酵素液または果汁を加えたムネ肉試料中にはパパイイン製剤がそれぞれ 0.5, 1 および 2%, イチジク果汁またはキウイフルーツ果汁が 5, 10 および 20% 含まれる。ムネ肉への酵素液または果汁の添加は氷冷下で行った。各試料をガラス棒でよく混和し 4℃ で 2 時間静置した後、酵素反応を停止させるために 100℃, 10 分間の湯煎を施した。

4 遊離総ペプチド量測定および遊離アミノ酸分析

3 で調整したサンプル 10 g を超純水とともにホモジナイザー（ヤマト科学（株）製 ULTRA-TURRAX TP 18/10 S4）でホモジナイズし、100mL に定容した。得られたホモジネートは直ちに遊離総ペプチド量測定および遊離アミノ酸分析に用いた。

（1）遊離総ペプチド量測定

ホモジネート 5mL に 4% トリクロロ酢酸 5mL を加えて混合攪拌した後、37℃ の恒温水槽中で 30 分静置した。恒温水槽から取り出し室温で 2,000×g の条件下において 30 分間遠心分離を行った後、上清を試料溶液とした。遊離総ペプチド量の測定は、食肉の官能評価ガイドライン（独立行政法人家畜改良センター 2005）に準じて Lowry 法（Lowry *et al.* 1951）で行った。標準溶液は、牛血清アルブミン（和光純薬工業（株）製）を用いて 0.031mg/mL ~ 1mg/mL の範囲で調製した。フェノール試薬は、蛋白定量用 2N-フェノール試薬（キンダ科学（株）製）を使用直前に超純水で 2 倍希釈して用いた。各区 5 反復とした。算出した値は Tukey の多重検定を用いて検定した。

（2）遊離アミノ酸分析

近藤ら（2005）の方法を一部改変して遊離アミノ酸分析を行い、IDP, γ -アミノ酪酸（GABA）、抗酸化性アミノ酸であるヒスチジン（His）、システイン（Cys）、メチオニン（Met）、チロシン（Tyr）およびトリプトファン（Trp）とその他 β -Ala、アスパラギン酸（Asp）、グルタミン酸（Glu）の含量を測定した。ホモジネート 5mL に 3% スルホサリチル酸 5mL を加え混合攪拌し、4℃ で 2,000×g の条件下において 30 分間遠心分離を行った後、中間層を試料溶液とした。試料溶液は 0.45 μ m の HP フィルター（ADVANTEC 製 13HP045AN）を用いて濾過し、自動アミノ酸分析装置（日本電子（株）製 JLC-500/V2）を用いて分析した。得られたクロマトグラムの各アミノ酸のピークをアミノ酸標準液のピークと比較し、各試料液のアミノ酸濃度を算出した。この際得られたアンセリンおよびカルノシン含量の合計を IDP 含量とした。各区 5 反復とした。算出した値は遊離総ペプチド量と同様、Tukey の多重検定を用いて検定した。

5 抗酸化活性および ACE 阻害活性

抗酸化活性の測定には Cell Biolabs 社の OxiSelect Total Antioxidant Capacity (TAC) Assay Kit を用いた。供試溶液の前処理として、3 で調整したサンプルに超純水を 1:2 (w/v) の割合で加えてホモジナイズし、4℃ で 10,000×g の条件下において 10 分間遠心分離を行った。得られた試料の上清を用い、キットの手順書に従って抗

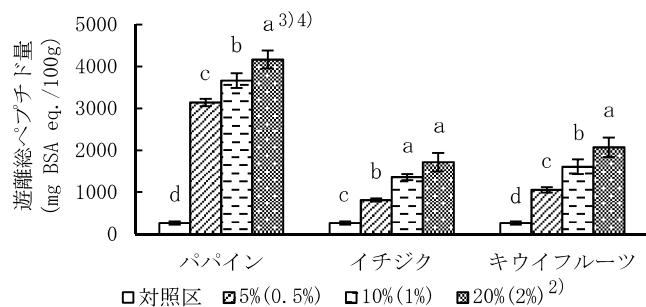
酸化活性を測定した。

ACE 阻害活性の測定には (株) 同仁化学研究所の ACE Kit-WST を用いた。供試溶液の前処理として、3 で調整したサンプルに超純水を 1 : 2 (w/v) の割合で加えてホモジナイズし、4℃で 10,000×g の条件下において 10 分間遠心分離を行った後上清を回収し、これをさらに超純水で 2 倍希釈した。これを用い、キットの手順書に従って ACE 阻害活性を測定した。

結 果

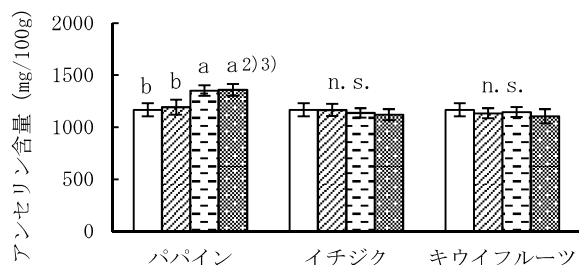
1 遊離総ペプチド量の変化

酵素液または果汁の添加がムネ肉中の遊離総ペプチド含量に及ぼす影響を第 1 図に示した。遊離総ペプチド量は全ての区で酵素液または果汁の添加に伴って増加し、特にパパイン区での増加が著しくパパイン 2%区では対照区と比べて約 16 倍に増加した。イチジク区およびキウイフルーツ区では遊離総ペプチド量の増加割合はほぼ同じで、いずれも果汁 5%区では約 4 倍、10%区では約 5.5 倍、20%区では約 7 倍に増加した。



第 1 図 酵素液または果汁の添加がムネ肉中の遊離総ペプチド含量に及ぼす影響¹⁾

- 1) 各区の n 数は 5
- 2) イチジク果汁またはキウイフルーツ果汁添加後の最終重量当たりの果汁濃度。凡例の () 内はパパイン製剤の濃度
- 3) 同試験区内における異なるアルファベット間は Tukey の多重検定において 5%水準で有意差あり、n. s. は有意差なし
- 4) エラーバーは標準誤差を示す



第 3 図 酵素液または果汁の添加がムネ肉中のアンセリンおよびカルノシン含量に及ぼす影響

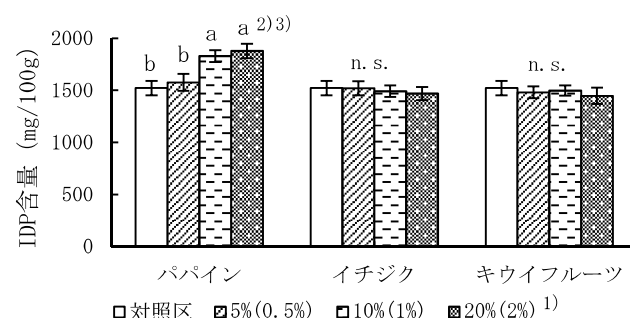
- 1) 各区の n 数、凡例は第 1 図に準ずる
- 2) 同試験区内における異なるアルファベット間は Tukey の多重検定において 5%水準で有意差あり、n. s. は有意差なし
- 3) エラーバーは標準誤差を示す

2 IDP 含量の変化

酵素液または果汁の添加が「はかた地どり」ムネ肉中の IDP 含量に及ぼす影響を第 2 図に示した。パパイン区では酵素を 1%または 2%添加した区で対照区と比べて IDP 含量が有意に増加し、約 1.2 倍になった。一方、イチジク区およびキウイフルーツ区においては、果汁の添加量にかかわらず IDP 含量は増加しなかった。IDP のうち、アンセリンとカルノシンの含量を比較すると (第 3 図)、パパイン区では酵素を 1%または 2%添加するとアンセリン含量およびカルノシン含量のいずれも有意に増加した。

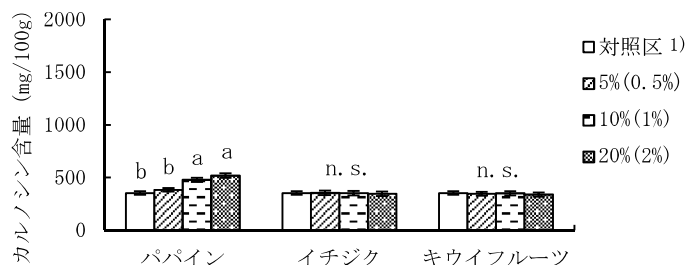
3 機能性成分含量の変化

酵素液または果汁の添加がムネ肉中の遊離アミノ酸含量に及ぼす影響を第 1 表に示した。GABA はパパイン 2%区とイチジク区で有意に増加し、特にイチジク区では果汁の添加量が多いほど GABA の増加量も多かった。イチジク果汁には GABA が約 7.9mg/100g 含まれており (第 1 表脚注)、果汁 5、10 および 20%区にはそれぞれ 100g 当たり 0.40、0.79 および 1.58mg 含まれていると考えられた。これらを考慮すると、イチジク果汁 5、10 および 20%区ではそれぞれ 100g 当たり 1.23、2.80 および 5.48mg 増加した。



第 2 図 酵素液または果汁の添加がムネ肉中の IDP 含量に及ぼす影響

- 1) 各区の n 数、凡例は第 1 図に準ずる
- 2) 同試験区内における異なるアルファベット間は Tukey の多重検定において 5%水準で有意差あり、n. s. は有意差なし
- 3) エラーバーは標準誤差を示す



第 1 表 酵素液または果汁の添加がムネ肉中の遊離アミノ酸含量に及ぼす影響 (mg/100g)¹⁾

処理区	機能性 GABA ⁵⁾	抗酸化性					その他		
		His	Cys	Met	Tyr	Trp	β -Ala	Asp	Glu
対照区	0.04 d ³⁾	2.6 f	nd. ²⁾	2.9 e	6.4 d	0.9 c	1.9 d	6.1 d	14.1 e
パパイン	0.5%	5.3 c	2.8 b	14.2 c	15.4 c	10.8 bc	18.0 c	15.7 abc	35.1 b
	1%	6.7 b	3.3 ab	20.5 b	23.4 b	30.8 ab	46.5 b	17.9 ab	39.8 b
	2%	9.4 a	6.0 a	29.2 a	29.8 a	35.9 a	65.0 a	19.6 a	45.7 a
イチジク	5%	3.3def	nd.	4.9 de	8.2 d	1.3 c	2.1 d	8.3 d	18.9 cde
	10%	3.7 de	nd.	5.9 d	8.9 d	1.4 c	2.3 d	9.1 cd	21.2 cd
	20%	4.0 d	nd.	6.8 d	9.2 d	1.9 c	2.7 d	11.3 bcd	23.7 c
キウイ フルーツ	5%	2.9 ef	nd.	4.3 de	7.3 d	1.7 c	1.7 d	6.8 d	16.7 de
	10%	3.2 def	nd.	5.3 de	8.4 d	2.5 c	2.2 d	8.3 d	19.9 cde
	20%	3.0 ef	nd.	5.8 de	8.6 d	2.8 c	2.6 d	7.6 d	17.2 de
有意差 ⁴⁾	**	*	*	*	**	**	**	*	*

1) 各区の n 数は 5

2) nd. はアミノ酸分析において検出されなかったことを示す

3) 縦方向の異なるアルファベット間は Tukey の多重検定において 5%水準で有意差あり

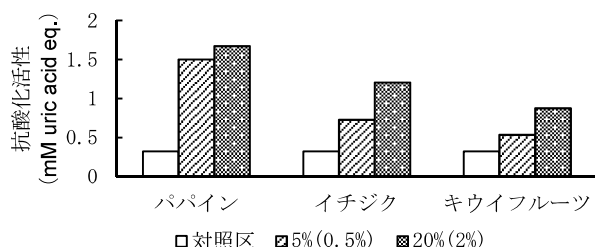
4) *は分散分析により 5%水準, **は 1%水準で有意差あり, n. s. は有意差なし

5) イチジク果汁 (100%) 中の GABA 含量は約 7.9mg/100 g, Glu 含量は約 0.6mg/100 g, キウイフルーツ果汁 (100%) 中の GABA 含量は約 4.3mg/100 g, Glu 含量は約 1.7mg/100 g であった

一方、キウイフルーツ果汁にも GABA が約 4.3mg/ 100 g 含まれていたが、果汁添加後の GABA 含量は添加量にかかわらず対照区と同程度に低かった。また、抗酸化性アミノ酸の His, Cys, Met, Tyr および Trp はすべてパパイン区において最も増加した。特に Cys は他の試験区では全く検出されなかったが、パパイン区のみ検出された。さらに、IDP の構造に共通して存在する β -Ala はパパイン区で酵素添加量の増加に伴って著しく増加した。Asp はパパイン区で有意に増加し、GABA の前駆物質である Glu はパパイン区に加えてイチジク区でも増加した。

4 抗酸化活性および ACE 阻害活性の変化

酵素液または果汁の添加がムネ肉の抗酸化活性に及ぼす影響を第 4 図に示した。対照区と比較して全ての試験区で抗酸化活性が上昇した。特にパパイン区では 0.5% 区でも抗酸化活性が対照区に比べて約 5 倍に上昇した。



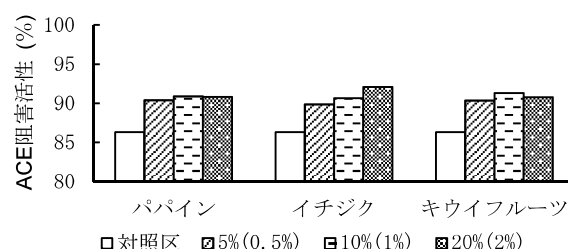
第 4 図 酵素液または果汁の添加がムネ肉の抗酸化活性に及ぼす影響¹⁾

1) 各区は反復なし

また、イチジク区とキウイフルーツ区では同量の果汁を添加したとき、イチジク区のほうが抗酸化活性が上昇

する傾向が認められた。

酵素液または果汁の添加がムネ肉の ACE 阻害活性に及ぼす影響を第 5 図に示した。ACE 阻害活性はすべての試験区で対照区と比べて 3~ 4 ポイント上昇した。



第 5 図 酵素液または果汁の添加がムネ肉の ACE 阻害活性に及ぼす影響¹⁾

1) 各区は反復なし

考 察

機能性成分とは、食品の三つの機能のうち、生体の生理機能調節や生体の恒常性維持に関する三次機能に關与する食品中のさまざまな成分のことであり、機能性成分には免疫系、分泌系、神経系、循環系、消化系、細胞系および抗腫瘍の作用をもつ物質が存在することが知られている (川岸 1996)。高度経済成長期以降、食生活の変化による生活習慣病の発症および高齢化社会の到来により、肥満、糖尿病、高血圧、高脂血症といった生活習慣病を予防する食品成分が注目されており (文部科学省 2009)、近年、機能性成分の種類と摂取量に関する研究が盛んに行なわれている。IDP は機能性成分の 1 つであり、強い抗酸化活性が認められている (Wu *et al.* 2003)。抗

酸化活性とは生体内において多くの病気の発症や進展にかかわる有害な活性酸素を消去する能力のことで、健康の維持・増進と深いかわりがある(江口ら 2009)。IDP を摂取すると抗酸化活性等の影響で疲労軽減効果(清水ら 2009)、認知機能低下の抑制効果(Herculano *et al.* 2013) および中高齢者の筋力の向上効果(佐藤ら 2012)があるとされている。第 1 図から、パパイン製剤をムネ肉に添加することで、肉中 IDP 含量を効率良く増加させることが可能となり、「はかた地どり」加工食品の商品価値向上に寄与できるものと推測される。しかしながら、プロテアーゼを含んでいるはずのイチジク果汁およびキウイフルーツ果汁を添加しても IDP 含量は増加しなかった。第 1 図より、パパイン製剤、イチジク果汁またはキウイフルーツ果汁の添加により遊離総ペプチド量が有意に増加したことから、パパイン製剤のみならず、イチジク果汁およびキウイフルーツ果汁中のシステインプロテアーゼは作用したと推察された。IDP を構成する β -Ala は α -Ala の構造異性体で、 α -Ala はタンパク質中に存在するが β -Ala はタンパク質の構成アミノ酸ではない。そのため、IDP および β -Ala はプロテアーゼによるタンパク質の分解によって生成されることはない。玉木(1971)は、IDP の生成には主として Asp→オロト酸→ウラシル→ β -Ala→アンセリン→カルノシンの経路が存在すると報告している。第 1 表から、パパイン区においてカルノシンを生成する経路の最初の基質となる Asp 含量の増加が認められた。Asp はタンパク質構成アミノ酸であるためプロテアーゼ処理によって増加する可能性があり、パパイン製剤の働きによって増加したと考えられた。また、 β -Ala も増加したことを考慮すると、カルノシンを生成する経路により IDP 含量が増加したものと考えられた。一方、イチジク区およびキウイフルーツ区では Asp はほとんど増加しなかった。このことから、先に示した経路による β -Ala の生成がなかったために IDP 含量が増加しなかったものと考えられた。

GABA は、経口摂取をすることで自律神経の働きが上昇し、リラクセーション効果が得られるとされており(藤林ら 2008)、第 1 表からイチジク区で GABA の著しい増加が認められた。イチジクは果汁に GABA が多く含まれている(第 1 表脚注)。また、イチジクには高い GABA 生成能があり、特に pH 5.5~6.5 の間で高い生成能が認められている(堤・馬場 2008)。さらに、牛肉にイチジクを混ぜると時間の経過に伴って GABA が増加したという報告もある(Li *et al.* 2009)。本試験においてイチジク区の pH は pH5.60~5.81 であり(データ略)、さらに添加果汁に含まれていた GABA を除くとイチジク果汁 5、10 および 20%添加でそれぞれ 0.85、2.01 および 4.01mg/100g の GABA が増加した。この増加はフィシンの働きによって GABA の前駆物質である Glu が増加したことおよびイチジクに含まれる GABA 生成酵素が働いたことによると考えられた。キウイフルーツ区では果汁に含まれる GABA の量よりも GABA が減少していた(第 1 表)。鶏ムネ肉では GABA 分解酵素である GABA トランスアミナーゼ(以下 GABA-T)の活性が認められており(Hu *et al.* 2016)、キウイフル

ーツ区では果汁に含まれていた GABA がムネ肉中の GABA-T の働きによって分解されたと考えられた。イチジク区においても GABA-T は働いたと思われるが、果汁中の GABA 合成酵素の働きによる GABA の生成量が GABA-T の働きによる分解量を上回ったと考えられた。これらのことから、福岡県産農産物の一つであるイチジクと「はかた地どり」のムネ肉を材料とするリラクセーション効果を謳える新たな加工食品の開発が期待できる。

抗酸化活性は全ての試験区で増加した(第 4 図)。パパイン区については、IDP に高い抗酸化活性があることから IDP の増加がパパイン区の抗酸化活性の上昇に影響を及ぼしたのと考えられた。加えて、第 1 表より、抗酸化性アミノ酸である His, Cys, Met, Tyr の含量もパパイン区ではパパイン 0.5%区から著しく増加しており、有意差は認められなかったものの Trp 含量もパパイン 0.5%区から増加していた。したがって、IDP およびこれらのアミノ酸の増加によってパパイン区では抗酸化活性が著しく上昇したと考えられた。イチジク区では IDP や抗酸化性アミノ酸の増加は認められなかった(第 2 図, 第 1 表)。イチジクは果実自体の抗酸化活性が野菜および果物の中では必ずしも高くないが(田口ら 2007)、果皮が赤い品種では果肉に含まれるアントシアニン含量が緑色系品種より多く、抗酸化活性が高かったという報告がある(Solomon *et al.* 2006)。今回供試した「とよみつひめ」も果皮が赤い品種であることから、果汁に含まれていた抗酸化物質が抗酸化活性の高まりに影響を及ぼした可能性が示唆された。フィシンの働きにより抗酸化ペプチドなどの抗酸化物質が生成され、それによって抗酸化活性が高まったと考えられた。一方、キウイフルーツは果実自体に著しく高い抗酸化活性が認められていることから(田口ら 2007)、果汁の添加により抗酸化活性が高くなったと考えられた。ACE はアンジオテンシン I を、血圧上昇作用が認められるアンジオテンシン II に変換する酵素で、血圧降下作用をもつブラジキニンも不活化することから、ACE の働きを阻害することで血圧を降下させることができる(今堀・山川 1998)。第 5 図から、ACE 阻害活性は酵素液または果汁の添加によって全ての試験区で上昇が認められた。しかし、酵素液または果汁の濃度の違いによる活性の違いは認められず、酵素液および果汁に ACE 阻害物質が多く含有していた可能性は低いと考えられた。西村(2008)は鶏ムネ肉にはコラーゲン由来の ACE 阻害ペプチドが存在することを報告している。また、翁ら(1999)も鶏抽出物から単離した ACE 阻害ペプチドはコラーゲン由来のものであるとしており、酵素液および果汁に含まれるプロテアーゼによってムネ肉中のコラーゲンが分解され、この ACE 阻害ペプチドが生成された可能性が示唆された。

本試験では、「はかた地どり」のムネ肉にパパイン製剤を添加すると IDP, GABA および抗酸化性アミノ酸が増加すること、イチジク果汁を添加すると GABA が大幅に増加することを明らかにした。また、抗酸化活性および ACE 阻害活性は、いずれの酵素液または果汁を添加した場合にも上昇した。これらのことから、植物由来のプロテア

ーゼを利用して「はかた地どり」ムネ肉中の機能性成分を増やすことが可能であることが明らかとなり、農産物の新たな使用方法の構築による福岡県産農畜産物の消費拡大につながる事が期待される。

また、本試験は現場での加工工程を想定して pH 未調整かつ衛生管理の面から 4℃で酵素反応を行った。今後、酵素の至適 pH および至適温度について検討を行うことで機能性成分の更なる増加も期待できる。

引用文献

- 独立行政法人家畜改良センター(編)(2005)食肉の官能評価ガイドライン. 財団法人日本食肉消費総合センター, 東京, p. 137-138.
- 江口裕伸・藤原範子・大河原知水・鈴木敬一郎・谷口直之(2009)酸化ストレスと健康. 生物試料分析. 32: 247-256.
- 藤林真美・神谷智康・高垣欣也・森谷敏夫(2008)GABA 経口摂取による自律神経活動の活性化. 日栄・食糧会誌. 61: 129-133.
- 藤巻正生・沖谷明紘(1975)熟成中のプロテオリシスと肉の風味. 日食科工会誌. 22: 554-565.
- 福岡県(2018)福岡県農林水産業・農山漁村の動向(平成 29 年度). 福岡県, 福岡, p. 65.
- Herculano B, Tamura M, Ohba A, Shimatani M, Kutsuna N(2013) β -Alanine-L-Histidine Rescues Cognitive Deficits Caused by Feeding a High Fat Diet in a Transgenic Mouse Model of Alzheimer's Disease. J. Alzheimer's Dis. 33: 983-997.
- Hu H, Bai X, Shah AA, Dai S, Wang L, Hua J, Che C, He S, Wen A, Jiang J(2016)Interactive effects of glutamine and gamma-aminobutyric acid on growth performance and skeletal muscle amino acid metabolism of 22-42-day-old broilers exposed to hot environment. Int J Biometeorol. 60: 907-915.
- 今堀和友・山川民夫(1998)生化学辞典第 3 版. 東京化学同人, 東京, p. 108.
- 川岸舜朗(1996)食品中の生体機能調節物質研究法. 学会出版センター, 東京, p. 1-5.
- 小出あつみ・山内知子・大羽和子(2007)鶏肉の貯蔵・加熱調理に伴うヒスチジン含有ジペプチド(アンセリン・カルノシン)および DPPH ラジカル捕捉活性の変化. 日調科誌. 6: 397-404.
- 近藤君夫・戸井田仁一・蟻川幸彦・小原忠彦(2005)食肉の遊離アミノ酸. 長野県工技センター研報. 33: 36-44.
- Li J, Izumimoto M, Yonehara M, Hirotsu S, Kuriki T, Naito I, Yamada H(2009)The influence of fig proteases on the inhibition of angiotensin I-converting and GABA formation in meat. Animal Sci. 80: 691-696.
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ(1951)Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
- 文部科学省(2009)資源調査分科会(第 19 回)配付資料. 平成 20 年度新たな健康の維持増進に関わる食品成分等に対するニーズ調査. 文部科学省, 東京, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/shiryo/attach/1287304.htm(2019 年 8 月 28 日閲覧).
- 森原和之(1975)プロテアーゼの種類と基質特異性. 日醸造協誌. 70: 632-636.
- 西村敏英(2008)食肉・食肉製品のもつ生体調節機能. 日調科誌. 41: 221-226.
- 西山一朗(2014)キウイフルーツの消化促進効果に関する研究動向ーアクチニジンの役割ー. 栄養誌. 72: 292-301.
- 小野世吾・細川雅史・井上 明・山田大介・高橋是太郎(2002)スルメイカ肝臓ならびに遡上シロサケ筋肉のプロテアーゼ加水分解物によるアンジオテンシンⅠ変換酵素阻害ペプチドへの変換. 日水産会誌. 68: 192-196.
- 佐藤三佳子・前村公彦・高畑能久・森松文毅・佐藤雄二(2012)鶏肉抽出物の摂取が中高齢者の筋力に及ぼす影響. 日食科工会誌. 59: 182-185.
- 清水恵一郎・福田正博・山本晴章(2009)イミダゾールジペプチド配合飲料の日常的な作業のなかで疲労を自覚している健康者に対する継続摂取による有用性ー第一次エントリー 207 名の解析結果報告ー. 薬理と治療. 37: 255-262.
- Solomon A, Golubowicz S, Yablowicz Z, Grossman S, Bergman M, Gottlieb HE, Altman A, Kerem Z, Flaishman M(2006)Antioxidant Activities and Anthocyanin Content of Fresh Fruits of Common Fig (*Ficus carica* L.). J. Agric. Food Chem. 54: 7717-7723.
- 田口 寛・川野亜貴子・田村雅文・奥村克純・緒方 進(2007)各種食品の抗酸化能の測定と加工による抗酸化能上昇の検討. 三重大学大学院生物資源学研究科紀要. 34: 37-45.
- 玉木七八(1971)Anserine 及び Carnosine の生合成経路に関する研究. 大阪大学学位論文.
- 堤 智博・馬場紀子(2008)酵素反応を利用して γ -アミノ酪酸含量を増加させた機能性食品イチジク豆乳の開発. 福岡農総試研報. 27: 7-10.
- 翁 韜・玉屋 圭・松井利郎・末時崇行・田川智樹・松本 清(1999)チキンブイヨン酵素分解物中のアンジオテンシンⅠ変換酵素阻害物質の単離・精製. 九大農学芸誌. 54: 17-24.
- Wu HC, Shiau CY, Chen HM, Chiou TK(2003)Antioxidant Activities of Carnosine, Anserine, Some Free Amino Acids and Their Combination. Journal of Food and Drug Analysis. 11: 148-153.