１．委託事業名：　生おからの食用利用を行うための衛生調査ならびにおからとマグロを用いた食品開発に向けた最適配合の研究

２．委託事業者名：　委託団体：株式会社オカラテクノロジズ
連携大学：東海大学 海洋学部 水産学科 教授 後藤慶一
連携団体：静岡県工業技術研究所

３．研究成果概要：

【背景】

豆腐を製造する過程で出てくる「おから」は、低糖質、高食物繊維で、植物性タンパク質も含まれており、栄養価が豊富なスーパーフードである。一方で、雑菌がすぐに繁殖してしまうことと、買い手が少ないことから、その多くが飼料として使用されるか、産業廃棄物として処分されている。日本では年間およそ 70 万トンのおからが出るが、そのうち食用利用されているのはたった 1%程度である。静岡県は豊かな水源に恵まれていることから、豆腐製造も盛んであり、出荷額ベースでは日本で第 7 位を誇る。つまり、大量のおからも同時に出ている。

弊社は、おからの食用利用を通して、ヘルスケア向上とフードロス削減が同時に満たされる事業の実現を目指している。そのためには、おからを安全な食品原材料として確保するための方法の模索と、魅力的なおから商品の開発が必要である。本事業では、おからを食用利用するための衛生調査と、静岡県が全国有数の水揚げ量を誇るマグロとおからを掛け合わせた商品開発の可能性を模索する。

【目的】

本事業では、静岡県内のおからを用いた衛生調査を実施し、おからを安全に食用利用するための方法を検討する。

同時に、おからとマグロを配合した商品の試作品を作成し、その商品化に向けた可能性を検討する。従来のおから商品は、小麦の代替品としておからを用いた低糖質訴求のものが大半である。一方で、おからには植物性タンパク質も含まれているので、マグロと合わせることで、動物性タンパク質と良質な脂質も摂ることができる魅力的な商品に昇華させることが出来ると考えた。本事業が目指すマグロを配合したおから商品は、近年ニーズが増え続けている「ボディメイク」「ダイエット」需要を満たせる高タンパク商品を目指しており、食品としての物性を評価するとともに、マグロの種類・部位の選定や配合の決定を行う。

【研究結果および成果】

１．おからの採取と衛生調査

供試材料として、静岡県内の豆腐事業者 2 社のおからを採取した。1 社目（白帆タンパク：以下 S 社という）では、豆腐製造ラインで出てきたおからをそのまま滅菌サンプリング袋に詰めて採取した。2 社目（戸塚

写真 1：採取の様子

豆腐店：以下 T 社という）では、T 社が冷蔵室（3℃）において、フタのないコンテナに保存していたおからを滅菌サンプリング袋に詰めて採取した。発生したおからを安全に食用利用するための条件を模索するために、保存条件を変えたうえで、静岡工業技術研究所において微生物試験を行った。保存条件ごとの結果を、以下の表 1～6 に示す。なお、おからや豆腐は、食品衛生法による一般生菌数及び大腸菌群数の規格基準が定められていない。一方、都道府県の指導基準などにおいては、豆腐について、一般生菌数 10^5CFU/g 以下、大腸菌群陰性などの基準が用いられてきたことから、本研究においてもこの基準に準拠し、数値を超えたものについては数値を赤字で示した。

S社おから	条件A	表1:S社おから採取後、冷凍庫に入れるまでの時間の経過に伴う菌数変化					
		目的	おからが出てから何時間以内に冷凍保管すれば安全かを調べるため				
		方法	採取後、常温(30℃のインキュベータ)で保管し、冷凍庫(-20℃)に入れる				
		常温保管時間	0時間	1時間	2時間	4時間	6時間
		一般生菌数(CFU/g)	0	4.0×10^1	0	0	6.0×10^1
		大腸菌群数(CFU/g)	0	0	0	0	0
	条件B	表2:冷凍保管したS社おからを常温で保存する時間の経過に伴う菌数変化					
		目的	冷凍保管したおからを、解凍後、何時間以内に使用をすれば安全かを調べるため				
		方法	採取後、ただちに冷凍庫(-20℃)に入れて保管。後日、常温(35℃のインキュベータ)に移動させる				
		常温保管時間	6時間	12時間	24時間	48時間	72時間
		一般生菌数(CFU/g)	0	6.7×10^3	5.0×10^4	2.2×10^2	6.9×10^5
		大腸菌群数(CFU/g)	0	0	0	0	0

T社おから	条件A	表3:T社おから採取後、冷凍庫に入れるまでの時間の経過に伴う菌数変化					
		目的	おからが出てから何時間以内に冷凍保管すれば安全かを調べるため				
		方法	採取後、常温(30℃のインキュベータ)で保管し、冷凍庫(-20℃)に入れる				
		常温保管時間	0時間	1時間	2時間	4時間	6時間
		一般生菌数(CFU/g)	9.0×10^1	9.0×10^1	4.0×10^2	5.1×10^2	9.0×10^3
		大腸菌群数(CFU/g)	0	0	0	0	0
	条件B	表4:冷凍保管したT社おからを常温で保存する時間の経過に伴う菌数変化					
		目的	冷凍保管したおからを、解凍後、何時間以内に使用をすれば安全かを調べるため				
		方法	採取後、ただちに冷凍庫(-20℃)に入れて保管。後日、常温(35℃のインキュベータ)に移動させる				
		常温保管時間	6時間	12時間	24時間	48時間	72時間
		一般生菌数(CFU/g)	1.0×10^4	**5.2×10^6**	**1.1×10^8**	**3.0×10^8**	**5.6×10^8**
		大腸菌群数(CFU/g)	0	**1.8×10^4**	**8.4×10^5**	**6.3×10^4**	**7.0×10^5**
	条件C	表5:冷凍保管したT社おからを常温で保存する時間の経過に伴う菌数変化					
		目的	冷凍保管したおからを、解凍後、何時間以内に使用をすれば安全かを調べるため				
		方法	採取後、ただちに冷凍庫(-20℃)に入れて保管。後日、常温(25℃のインキュベータ)に移動させる				
		常温保管時間	6時間	12時間	24時間	48時間	72時間
		一般生菌数(CFU/g)	2.3×10^2	**1.4×10^5**	**2.0×10^7**	**2.3×10^8**	**1.6×10^9**
		大腸菌群数(CFU/g)	0	**5.0×10^1**	**1.0×10^6**	**4.5×10^6**	**5.7×10^7**
	条件D	表6:冷凍保管したT社おからを冷蔵で保存する時間の経過に伴う菌数変化					
		目的	冷凍保管したおからを、冷蔵庫へ移動後、何時間以内に使用をすれば安全かを調べるため				
		方法	採取後、ただちに冷凍庫(-20℃)に入れて保管。後日、冷蔵(3℃のインキュベータ)に移動させる				
		常温保管日数	0日	1日	3日	5日	7日
		一般生菌数(CFU/g)	1.1×10^2	6.0×10^1	1.2×10^3	3.4×10^3	3.0×10^4
		大腸菌群数(CFU/g)	0	0	0	0	0

以上の試験を通じて、おから回収からの経過時間や、解凍してから使用までの時間、保存温度及び期間などの因子が菌数に影響を及ぼしていることが明らかとなった。そのため、おからを安全に食用利用するためには、常温環境下におく時間を長くとも 6 時間以内の可及的短時間とすること、冷蔵保存についても可及的短時間とすること、初発菌数を低減するため生おからの回収までに汚染を受けないよう工夫することが重要であることが結論として言える。

２．おからとマグロを使用した商品の検討と試作

東海大学海洋学部にて、おからとマグロを掛け合わせた高タンパク商品として、パティ形状の試作品を作成した。試作品を作る際には、おからを食用として販売されている静岡県内の豆腐事業者１社（町田食品:以下Ｍ社という）から提供を受けたおからを原材料として用いた。なお、Ｍ社では、豆腐の製造過程で出てきたおからを真空状態で梱包・加熱殺菌することによって、安全に食べられる食品としておからの販売を行っている。

写真２：町田食品 おから

東海大学海洋学部にて検討会を行い、高タンパクなおから商品開発に相性が良いマグロの品種候補として、ビンチョウとメバチを用いて試作を行うことにした。それぞれのマグロを、赤身部分と脂身部分を分けて使用した試作品（表 7）を表８に示す配合にて作成した。その試食ならびに意見交換会を行った。参加者は、教員、大学生、弊社スタッフである。何れも味の評価は良好であったが、その中でもメバチマグロの赤身を用いた試作の評価が最も高かった。一方でどれも喉越しが悪く、のどに詰まる感覚があることと、結着が悪く食べている途中でボロボロと崩れてしまうという課題が明らかとなった。

表7:マグロの種類・部位の選定		マグロの部位	
		赤身	脂身
マグロの種類	ビンチョウ		
	メバチ		

ベース(2個分)	
材料	
ビンチョウ鮪(赤身)	50g
おから	30g
玉ねぎ	30g
卵白	30g
酒	7.5g
塩	1g
オリーブ油	5g
水	100cc

ベース(2個分)	
材料	
ビンチョウ鮪(脂身)	50g
おから	30g
玉ねぎ	30g
卵白	30g
酒	7.5g
塩	1g
オリーブ油	5g
水	100cc

ベース(2個分)	
材料	
メバチ鮪(赤身)	50g
おから	30g
玉ねぎ	30g
卵白	30g
酒	7.5g
塩	1g
オリーブ油	5g
水	100cc

ベース(2個分)	
材料	
メバチ鮪(脂身)	50g
おから	30g
玉ねぎ	30g
卵白	30g
酒	7.5g
塩	1g
オリーブ油	5g
水	100cc

表８：おからとマグロを用いたパティ試作品の配合

これらの課題を解決するために、伊那食品工業のウルトラマンナンＧシリーズ(G5)を活用することにした。

３．ウルトラマンナンを用いた試作とその評価

ウルトラマンナンＧシリーズとは、従来のこんにゃく粉のように凝固剤を使用せずにゲルを形成することができるユニークなこんにゃく粉である。この商品が持つ、凝固力・保水力という特徴が、試作品の喉越しと結着の悪さの改善に繋がると考えた。

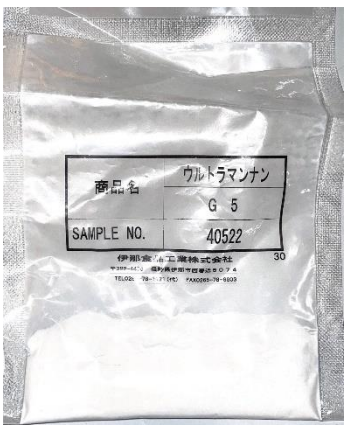

写真３：ウルトラマンナン(G5)

ウルトラマンナン G5 で推奨される配合比は、ウルトラマンナン G5(1%)、油脂加工澱粉(3%)、油(5%)、水(36%)計 45%と原材料Ｂ粒状大豆(10%～15%)、大豆粉末(0～2%)、醤油(5%)、水(残量)計 55%である。一方で、おからには元々十分な水分が含まれていることから、推奨配合比通りで作成してしまうと水分過多となる。そこで、水分の割合を、全体重量の 0%・5%・15%・25%・36%にパターン分けして、試作を実施し、意見交換会を行った。尚、マグロは最も評価の高かったメバチマグロの赤身を用いた。その結果、どのパターンも喉越しが改善され、結着力も増す結果となった。その中でも、0%と 15%の 2 つの評価が高く、水分 0%は硬めのハンバーグ、水分 15%は適度に柔らかいハンバーグのよ

うな食感になった。その２つの試作品を、静岡工業技術研究所でテクスチャー解析にて物性検査を行った。生地中のマグロのぶつ切りにプランジャーが当たった場合、水分添加量に関わらず、マグロのかたさに影響された値が計測されたため、水分添加０%及び 15%の生地それぞれについて 13 回ずつ計測を行い、かたさ荷重が小さい方から３回の結果を平均した。結果は、水分添加率 0%の生地は、15%のものよりもかたさ荷重が大きく、かたい食感をもつことが数値からも明らかとなった。

写真４：マグロとおからを用いた生地の物性分析

４．おから＆マグロパティの栄養成分検査

柔らかい触感で食べやすかった水分添加率 15%の試作品を静環検査センターにて栄養成分試験を行った。その結果を表 9 に示す。100g あたり 13.7g のタンパク質と 6.8g の食物繊維を含み、糖質量はたった 2.2g であり、健康効果の期待できる栄養成分であることが分かった。

表９：マグロとおからを掛け合わせたパティの栄養成分検査結果

検査項目	単位	結果	検出限界	検査方法
エネルギー	kcal/100g	164	1	Atwaterのエネルギー換算係数に拠る計算
たんぱく質	g/100g	13.7	0.1	窒素定量換算法（窒素・たんぱく質換算係数6.25）
脂質	g/100g	9.6	0.1	酸分解法
炭水化物	g/100g	9.0	0.1	計算(100-たんぱく質-脂質-水分-灰分)
糖質	g/100g	2.2	0.1	炭水化物-食物繊維
食物繊維	g/100g	6.8	0.1	酵素-重量法
食塩相当量	g/100g	0.97	0.01	ナトリウム量からの換算値
大豆イソフラボン	mg/100g	9.1	0.5	高速液体クロマトグラフ法
ドコサヘキサエン酸(DHA)(C22:6n3c)（cis-4,7,10,13,16,19-ドコサヘキサエン酸）	g/100g	検出せず	0.1	ガスクロマトグラフ法
イコサペンタエン酸(EPA)(C20:5n3c)（cis-5,8,11,14,17-イコサペンタエン酸）	g/100g	検出せず	0.1	ガスクロマトグラフ法
カルシウム	mg/100g	28	0.1	ICP発光分光分析法
ビタミンD	μg/100g	0.62	0.25	高速液体クロマトグラフ法

【まとめ】

豆腐の製造過程で出てくるおからは、常温環境下におく時間並びに冷蔵保存時間を可及的短時間にし、回収時に汚染を受けないよう工夫することで安全に食用利用できることが分かった。また、おからとマグロを掛け合わせることで「ボディメイク」「ダイエット」需要を満たせる高タンパク商品の実現は可能性が極めて高いことが分かった。次年目以降の展開として、①安全な環境下で原材料となるおからを安定供給できる豆腐事業者との連携構築、②食品としての官能評価の向上研究、並びに今回のマグロの種類・部位・おからとの配合比をベースとした他商品への展開の可能性の模索、③商品化に向けた製造工場での製造方法の検討を行い、商品化を目指す。

【期待できる地域への波及効果】

今は廃棄されているおからを食用利用できるようになることは、①県内フードロス量の削減、②地産地消への貢献、③静岡県民のヘルスケア向上への貢献ができ、これをキッカケに県内未利用資源の再活用に着目した取り組みの増加が増え、地域への波及効果が見込まれる。