

ニッポンハム食の未来財団 2022 年度個人研究助成 研究完了報告書

研究課題名	発酵を利用した低アレルギー化エビ調味料開発の試み
フリガナ	シミズ ユタカ
代表者名	清水 裕
所属機関 (機関名) (役職名)	北海道大学 大学院水産科学研究院 技術専門職員
本助成金による 発表論文, 学会発表	学会発表： Ulfah Amalia, 清水 裕、渡辺 一彦、佐伯 宏樹. 発酵スターターの使用によるエビ発酵調味料 TERASI の潜在のアレルギー性低減化の試み. 第 77 回日本栄養・食糧学会大会. 2023 年. 2D306c.  発表論文： Ulfah A, Shimizu Y, Saeki H. Food safety evaluation of commercial Terasi, Indonesian fermented shrimp paste, from the viewpoint of food allergy. Fisheries Science. 2023;89:253–61.  Ulfah Amalia, Yutaka Shimizu, Ga-Hyun Joe, Hiroki Saeki. Impact of backslopping in TERASI manufacture, as an improving method to reduce shrimp allergenicity. Food Chemistry 434 (2024) 137491

研究結果要約

本研究では、インドネシアの伝統的な小エビ発酵食品である TERASI をモデル食品とした、低アレルギー性エビ発酵調味料の製造について検討した。まず、インドネシアにて市販される TERASI を 20 種類調査したところ、市販 TERASI の多くにアレルギー性が残存していることが判明した。次に、日本近海で漁獲された 2 種の小エビ（アキアミ、イサザアミ）に、種々のスターターを添加して TERASI を調製し、それに含まれるエビの主要アレルギー（トロポミオシン、TM）の IgE 結合能を、エビアレルギー患者血清を用いて調査した。スターターには、市販あるいは自作した TERASI、または米麴を用いた。その結果、原料をアキアミとした場合は、市販 TERASI の一部、および米麴を用いた TERASI において、一部の患者で IgE 結合能の低下が見られたが、他のスターターでは明確な IgE 結合能の低下は確認できなかった。一方で、イサザアミを原料とし、アキアミからスターターを使用せずに調製した TERASI または市販の TERASI をスターターとした TERASI

は、供した全ての患者において、スターター不使用の物よりも大幅な IgE 結合能の低下が観られた。

以上の結果は、原料とスターターを適切に組み合わせることで、製造工程における TM の分解を促進し、最終製品のアレルギー性を低減できることを示している。

## 研究目的

### ・研究背景と目的

調理・加工は食物のアレルギー性にしばしば影響を及ぼすため、その理解は食物アレルギー分野における重要な研究課題となっている。しかし、調理・加工の過程では、さまざまな化学反応が並行または連続して起こるため、アレルギー性に及ぼす影響は複合的となり、それらを一括で検討することは困難である。そこで申請者は、調理・加工を「加熱」「メイラード反応」「発酵」などの要素に分類し、個々に検証を行ってきた。その結果、レトルト加熱やメイラード反応が、魚類やカニの筋肉に含まれるアレルギー（魚類：パルブアルブミン、甲殻類：トロポミオシン（以下、TM））の消化に伴う IgE 結合能の低下を、促進あるいは抑制することを見出した。さらに、グルコースとのメイラード反応が、これらアレルギー類の吸収性を低下させる可能性がある事も併せて示した。加えて、小エビを原料とするインドネシアの伝統的な発酵調味料である「TERASI」のアレルギー性に関して調査し、発酵によりエビのアレルギー性が低下することが判った<sup>1)</sup>。しかし、アレルギー性の完全消失には至らず、TERASI を低アレルギー化調味料として扱うには、エビ主要アレルギー、TM の分解が不十分であると判断した。さらに、原材料として用いる小エビの種類によって、TM の分解の進行度が大きく異なっており、低アレルギー化のためには原材料の選択も重要であることも示された。そこで申請者は、適切な原材料の選択し、さらに発酵を促進する補助原料（スターター）を導入することで、低アレルギー化を高度に実現したエビ発酵調味料の製造が可能と考え、本計画を立案した。

本研究では、種々の原材料とスターターを組み合わせ、TERASI を製造し、それらの発酵の進行度やアレルギー性を調査することで、低アレルギー化 TERASI を製造可能な原材料とスターターに関する知見の獲得を目指した。

・本研究の意義

発酵は伝統的な調理・加工法の一つであり、チーズや酒類など数多くの発酵食品が世界中に存在する。この発酵に伴う分解の対象物質に、食物アレルギーが含まれていれば、当該食品におけるアレルギー性の低減が期待できることから、チーズなどでは、発酵とアレルギー性の関係が研究されている<sup>2,3)</sup>。一方、水産食品については、魚醤や塩辛などの発酵食品が存在するにもかかわらず、これらの発酵とアレルギー性の関係を論じた研究報告は少なく、発酵という極めて有用な加工操作が、低アレルギー水産食品の製造手段として認識・有効活用されているとは言い難い。

本研究では、モデル発酵食品である「TERASI」の製造発酵過程において低アレルギー化に関わる諸要因の把握・解析につながる知見が得られており、今後の低アレルギー化発酵水産食品の開発へ寄与すると期待できる。

## 研究計画及び研究手法

### 1. 実験手法

本研究では、複数の原料とスターターを組みわせて幾つかの TERASI を製造し、そのアレルギー性や発酵の進行度を評価する事で、スターターの効果について検証した。原材料および試料調製および測定の手順を以下に示す。

#### 1-1. 原料および患者血清

日本近海で漁獲された3種の小エビ（アキアミ (*Acetes japonicus*)、オキアミ (*Euphasia pacifica*)、イサザアミ (*Neomysis awatchensis*)）を使用した。また、後述する IgE 結合能の測定には事前の調査にて、エビ TM に対する特異的 IgE 抗体を持つことが確認された6名の患者血清を使用した。患者の基礎情報は表1に示した。

表 1 患者血清の基礎情報

血清No.	総IgE (IU/mL)	エビ特異的IgE (UA/mL, class)	症状
P1	238	64.0(5)	Ur
P2	558	12.4(3)	Ba, OAS
P3	1418	80.4(5)	AD, BA
P4	172	18.7(3)	AD, BA
P5	2904	26.9(4)	AD
P6	1640	26.0(4)	AD, Ur

AD: Atopic dermatitis    BA: Bronchial asthma  
OAS: Oral allergy syndrome    Ur: Urticaria

## 1-2. スターター

本研究では、以下に述べる3種のスターターを使用した。一つは市販のTERASIで、インドネシアにて市販されている物を20種類購入し、その中から6種類を選抜して使用した。市販TERASIの外観と特徴の一覧を図1に示す。二つ目は、自作のTERASIで、アキアミから自作したものを使用した。そして3つ目は、日本の伝統的なスターターで、エビ魚醤などでも使用されている米麴で、市販のものを使用した。

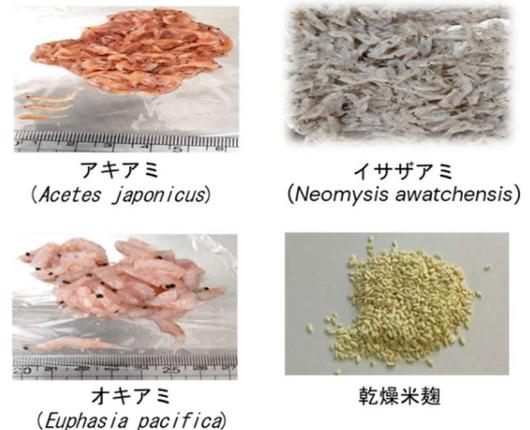


図1 原材料

## 1-3. TERASI の調製

まず、インドネシアの国家製造・規格基準 (Indonesian National Standardization: 以下、INS) に準じて、TERASI を調製する。手順を図2に示す。TERASI の製造では、INS 製造基準に準じたTERASI と、スターターを使用したTERASI を調製した。また、表2に本研究で扱った自作TERASI を纏めた。

## 1-4. TERASI の発酵進行度の評価

まず、TERASI の発酵進行度は、含水率、タンパク質含量、水分活性、タンパク質分解度の4項目で評価した。含水率は加熱乾燥法、水分活性は簡易コンウェイユニット法を用いて測定した。また、タンパク質含量は、測りとったTERASI の窒素量をケルダール法で測定し、N価6.25でタンパク量に変化した後、重量百分率で示した。タンパク質分解の進行度は、「7.5%クロロ酢酸に溶解するペプチドが、十分に分解が進んだタンパク質」と定義し、以下の手法で測定した。まず、サンプルに対して4倍量の蒸留水と5倍量の15%トリクロロ酢酸溶

表2 本研究で扱った自作TERASI一覧

名称	原料	スターター
AT	アキアミ	無し
OT	オキアミ	無し
IT	イサザアミ	無し
GST1	アキアミ	ICT3
GST2	アキアミ	ICT7
GST3	アキアミ	ICT12
GST4	アキアミ	ICT15
GST5	アキアミ	ICT17
GST6	アキアミ	ICT19
KST	アキアミ	米麴
ITCT	イサザアミ	ICT3
ITAT	イサザアミ	AT
ITHAT	イサザアミ	AT*

\*70° Cで5 min、加熱処理したもの

スターターの項に示されたICT3~19に関しては図2を参照



試料 No.	生産規模	包装の材質	性状
ICT1	家庭規模	バナナの葉	ペースト
ICT2	家庭規模	バナナの葉	ペースト
ICT3	家庭規模	バナナの葉	ペースト
ICT4	家庭規模	バナナの葉	ペースト
ICT5	家庭規模	バナナの葉	ペースト
ICT6	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT7	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT8	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT9	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT10	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT11	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT12	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT13	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT14	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT15	工場規模	ペットボトル	顆粒
ICT16	工場規模	アルミニウム	乾燥ブロック
ICT17	工場規模	アルミニウム	乾燥ブロック
ICT18	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT19	家庭規模	プラスチック	ペースト
ICT20	家庭規模	プラスチック	ペースト

図2 市販TERASIの外観および基礎情報

参考文献4より転載

液を加え、30 min 攪拌した後に上清を分離した。次に、上清に含まれるタンパク質分解物をケルダール法で窒素量として定量し、N 価 6.25 でタンパク質量に変換した後、前述のタンパク質含量で除し、ペプチド含量率として示した。

最後に、含有タンパク質の状態を SDS-PAGE、含有する TM の分解度を、抗体 TM 抗体を用いたイムノブロッティング（以下、IB）で調べた。

## 1-5. TERASI の潜在的アレルギー性

TERASI の潜在的アレルギー性は含有する TM の IgE 結合能を基準に評価した。まず、TERASI に 20 倍量の 150 mM Tris バッファー (pH7.5) を加えて懸濁させ、2 min 煮沸して含有する酵素を失活させたものを阻害抗原として、固相抗原にエビの生成 TM、一次抗体に甲殻類アレルギー患者血清を使用する阻害 ELISA に供した。得られた阻害率を TERASI に含有する TM の IgE 結合能の指標として、試料群のアレルギー性を評価・比較した。

## 2. 研究の流れ

### 2-1. スターターとする市販 TERASI と原料の選定

1-2 で述べた市販 TERAS の発酵進行度とアレルギー性を測定し、スターターとして使用する TERASI を選択した。さらに、前述の先行研究の結果から<sup>1)</sup>、原料とする小エビを選定した。

### 2-2. スターターを使用した TERASI の調製と各種測定

選定した原材料とスターターに加え、米麴を用いて TERASI を調製した。調製した TERASI の一覧を表 2 に示す。それらの TERASI の発酵進行度とアレルギー性を評価し、TERASI のアレルギー性に及ぼすスターターの効果について議論した。

## 結果と考察

### 4-1-1. インドネシアで一般流通する TERASI の物理化学的性質と潜在的アレルギー性

TERASI の調製に先立ち、一般的な TERASI の特性について調査するため、インドネシアにて一般的に販売・流通している TERASI を 20 種類を収集し (以下、ICT1~20)、それらの基礎的な性質について調査した。結果を図 3 に示す。まず、含水率、タンパク質含量、水分活性をみると、いずれの TERASI も INS

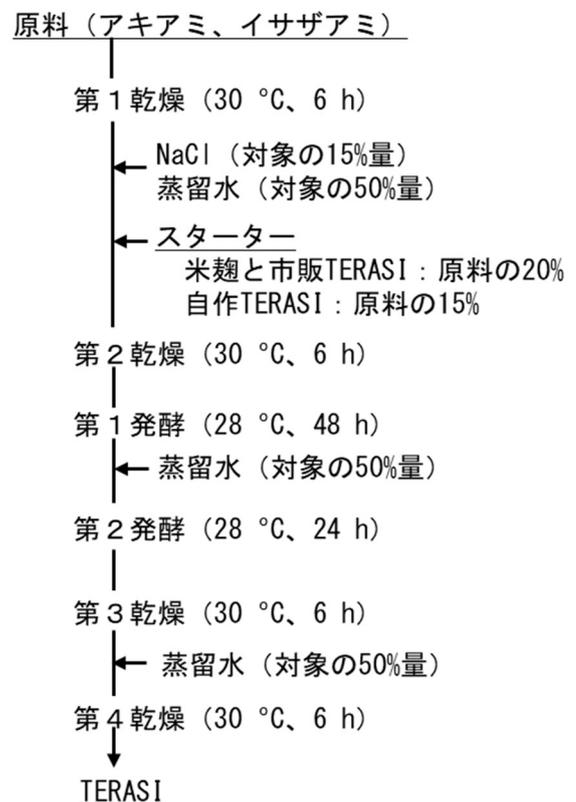


図3 TERASIの調製工程

の基準値を満たしていることが確認された。しかし、タンパク質含量は個々の TERASI で値の相違が大きかった。また、ペプチド含有率にも個々の TERASI で値の相違が認められ、市販 TERASI の発酵進行度が、製品ごとに大きく異なっている事が示唆された。

次に、SDS-PAGE と IB を見ると、ICT11、16、17 の TERASI でのみ、抗 TM 抗体と反応するバンドが確認されたが、それ以外の TERASI では、明瞭なバンドが認められなかった。そこで、市販 TERASI が含有する TM の IgE 結合能を調査し、アレルギー性を評価した。固相にエビ TM を用いた阻害 ELISA によって、各 TERASI の IgE 結合能を阻害率として測定した結果を図 4 に示す。いずれの TERASI も、精製 TM や未加工アキアミよりも阻害率が低く、TM の分解によって IgE 結合

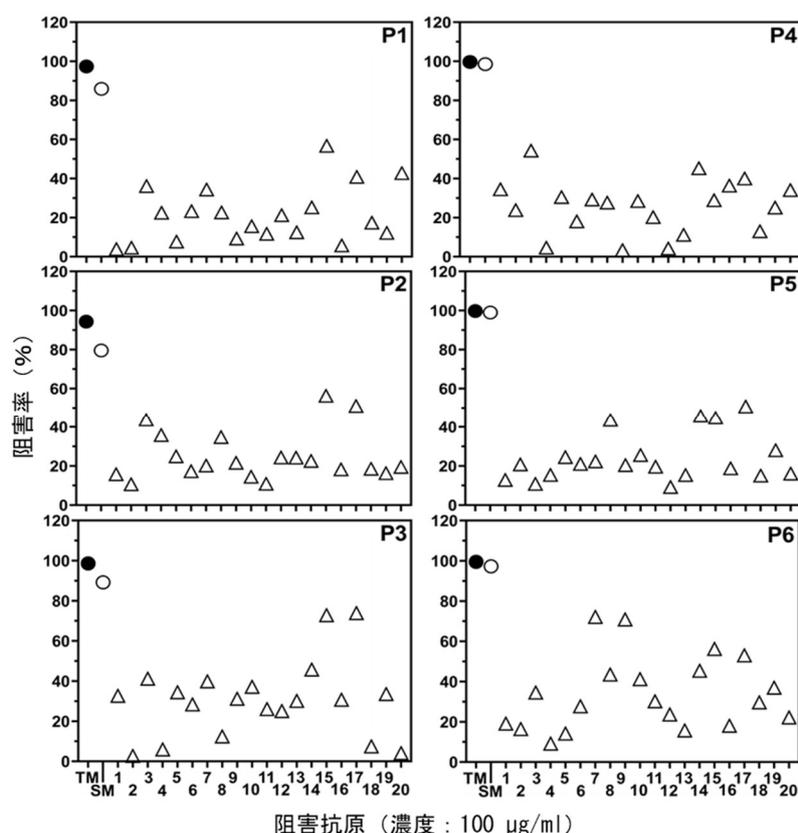


図4 市販TERASIのIgE結合能

阻害ELISAによって、各TERASIに含まれるTMのIgE結合能を測定した

固相抗原：精製エビTM

血清：甲殻類アレルギー患者血清 (P1~6)

阻害抗原

- ・ TM：精製エビTM
- ・ SM：未加工アキアミのホールペースト
- ・ 1~20：市販TERASI, ICT1~20 (表2参照)

参考文献4より一部改変

能が低下していることが示された。しかし、各 TERASI の IgE 結合能には患者間で相違があった。

以上の結果は、一般に流通している TERASI には、TM の分解が不十分でアレルギー性が残存しているものが存在するため、発酵食品とはいえ、TERASI を低アレルギー化食品として扱うには、TM 分解の促進が必要であることを示している。

なお、本知見は論文投稿を終えている<sup>4)</sup>。

#### 4-2. 自作 TERASI の物理化学的性質とアレルギー性

本研究に先行して、図 1 に示した 3 種の原料で TERASI を自作し、その性質について調査した<sup>2)</sup>。その結果を図 5 に示す。比較として、市販 TERASI (ICT3) の結果も示した。IB に注目すると、スターターを用いずにアキアミから調製した TERASI (以下、AT) でのみ TM のバンドが消失してお

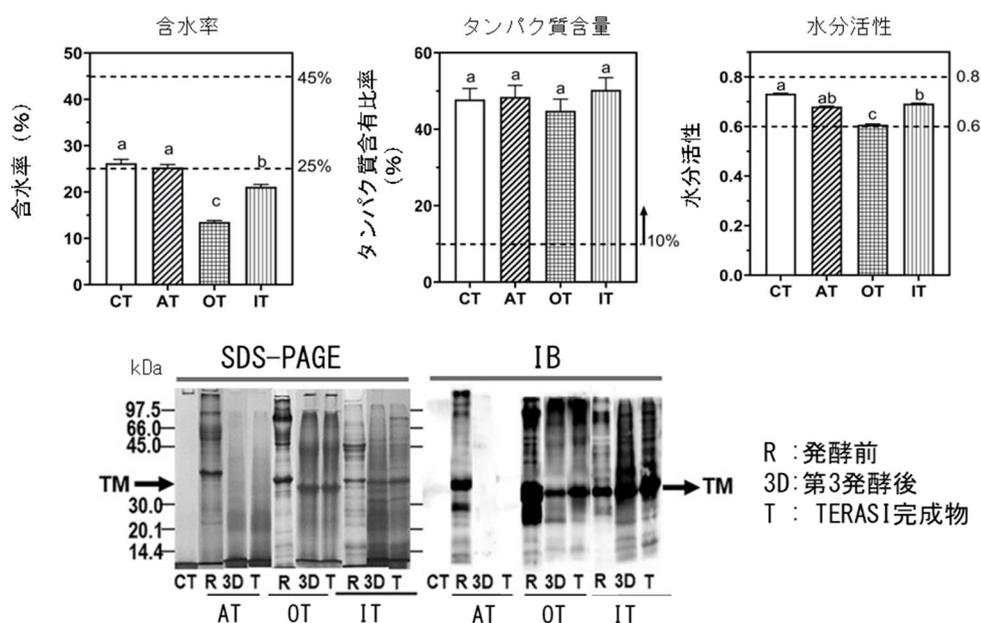


図5 自作TERASIの物理化学的性質

図中の点線はINSにおけるTERASI標準値の範囲を示す

CT：市販TERASI (ICT3)

AT：アキアミを使用した自作TERASI

OT：オキアミを使用した自作TERASI

IT：イサザアミを使用した自作TERASI

a~c：有意差検定結果

( $p < 0.05$ , Tukeyの多重比較分析、 $n=3$ )

り、同じくスターターを用いずにオキアミおよびイサザアミから調製した TERASI (以下、OT および IT) では TM のバンドの残存が確認された。続いて、各 TERASI の製造段階および完成品の IgE 結合能の調査結果を図 6 に示した。使用した全ての患者血清において、AT の完成品が最も低い値を示した一方で、IT の完成品は最大の IgE 結合能を示した。これらの結果から、原料によって TM の分解状態やアレルゲン性が異なることが示された。

これを踏まえて本計画では、二つの方向性で研究を進めた。まず一つ目は、より完全に TM の分解が可能な製造条件の模索である。これに基づき、スターターなしの時点で最も IgE 結合能が低かった AT の原料であるアキアミへのスターター添加によって、さらなる低アレルゲン化の可能性について検証した。そして二つ目は、発酵が進行し難い原料の、低アレルゲン化が可能な製造条件の模索である。こちらでは、最も IgE 結合能が高かった IT の原料であるイサザアミにスターターを添

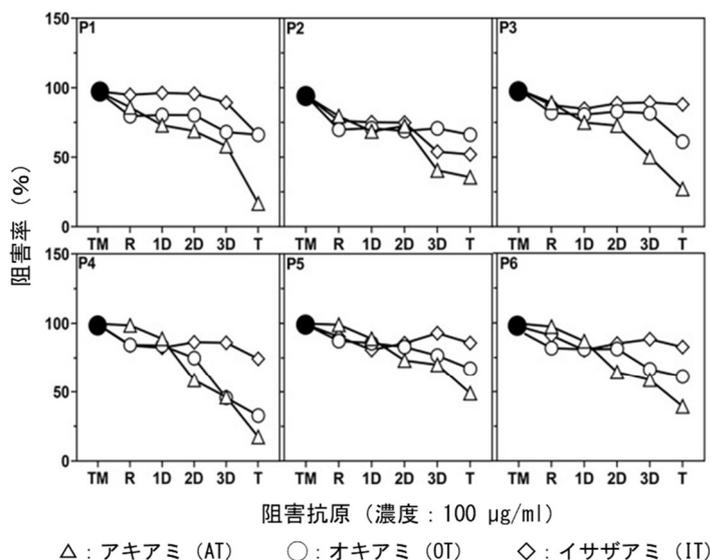


図6 自作TERASIのIgE結合能

阻害ELISAによって、各TERASIに含まれるTMのIgE結合能を測定した

固相抗原：精製エビTM

血清：甲殻類アレルギー患者血清 (P1~6)

阻害抗原

TM：精製エビTM

R：発酵前

1D：第1乾燥後

2D：第2乾燥後

3D：第3乾燥後

T：TERASI完成物

参考文献より転載

加することで、AT と同等以上の低アレルギー化を目指した。

#### 4-3. スターターを添加したアキアミ TERASI の物理化学的性質

測定に供した ICT の中から 6 種類を選定し、それらをスターターとしてアキアミを原料とした TERASI を調製した (以下、CST1~6)。さらに、同様に米麴をスターターとしたアキアミ TERASI (以下、KAT) も調製し、これらの諸性質を測定した。結果を図 7 に示す。まず、含水率、タンパク質含量、水分活性はいずれも INS の基準値の範囲内であった。次に、タンパク質分解度を見ると、CST2 では、TCA 可溶ペプチドが検出されなかった。しかし、SDS-PAGE や IB では、他の TERASI と同様に、TM を含む構成成分の明確なバンドが認められず、タンパク質の分解が進んでいる事が示された。それゆえ、CST2 の TCA 化溶ペプチドが検出されなかったのは、タンパク質成分の凝集

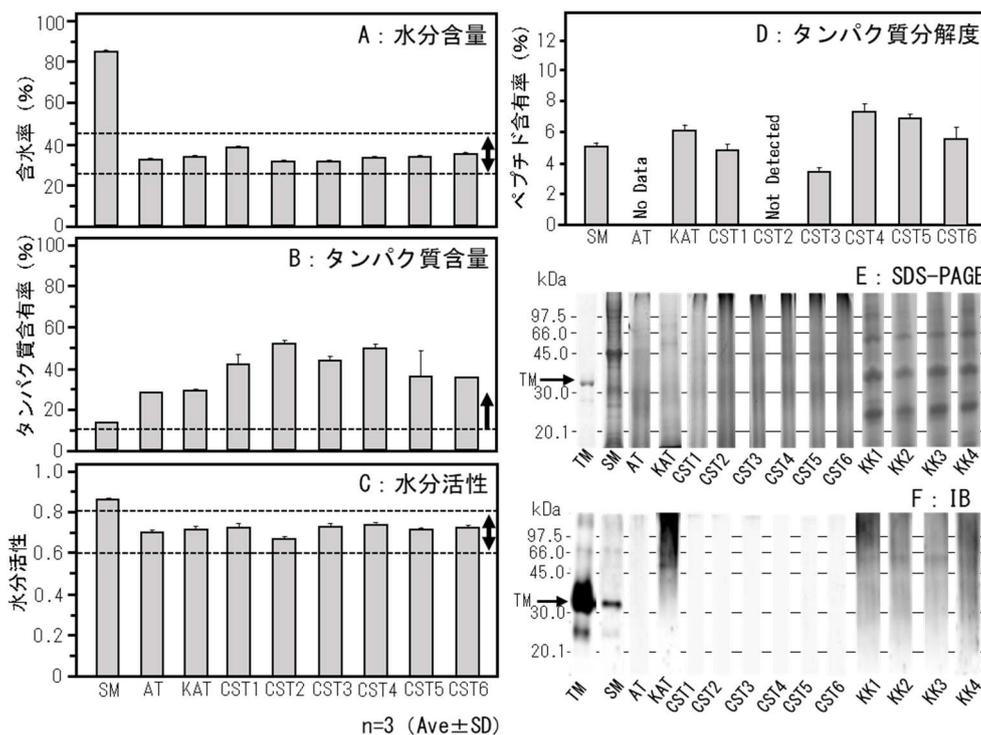


図7 スターター使用TERASIの物理化学的性質-1

SM : 未加工アキアミのホールペースト  
 KAT : 米麴をスターターとしたTERASI  
 CST1~6 : 市販TERASIをスターターとしたTERASI (表2参照)  
 TM : 精製エビ・トロポミオシン  
 KK1~4 : 米麴 (KATに使用したのはKK1)  
 グラフ中の点線はINSにおけるTERASI標準値の範囲を示す  
 IBの一次抗体には抗TM抗体を使用した

やメイラード反応の過剰な進行による不溶化が原因であり、TM の分解自体は進行していると判断した。

続いて、KAT の IB を観ると、30 kDa を以上の広い範囲に渡って染色が観られた。当初、これは TM の凝集物によるものと判断していたが、後述するように、KAT の IgE 結合能が低く、未分解の TM が大量に残存する可能性が低かった。そこで、KAT に使用したものも含めて 4 社の米麴を、TERASI と同様に SDS-PAGE と IB に供した (図 7 中の KK1~4)。その結果、いずれの米麴でも IB で 20 kDa を超える広い範囲に渡って染色が観られた。

この現象は、米麴に TM と抗原交差性をもつ成分が含まれること示唆するため、検証のために患者血清を用いた阻害 ELISA に米麴を供した。しかし、TM との間にヒト IgE を介した抗原交差性は確認できなかったため、これは IB に使用した抗 TM 抗体でのみ確認される事象であると考えられる。現在、詳細な原因について調査中である。

#### 4-4. スターターを添加したアキアミ TERASI のアレルギー性

スターターを使用したアキアミ TERASI 群の IgE 結合能を測定した結果を図 8 に示す。図中に

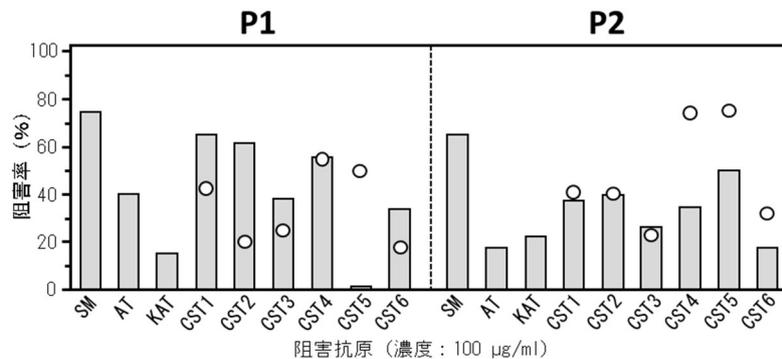


図8 スターター使用TERASIのIgE結合能-1

以下の条件の阻害ELISAによって、各TERASIに含まれるTMのIgE結合能を測定した

固相抗原：精製エビTM

血清：甲殻類アレルギー患者血清 (P1、2)

固相抗原

- ・ SM：未加工アキアミのホールペースト
- ・ AT：自作したアキアミTERASI
- ・ KAT：米麴をスターターとしたアキアミTERASI
- ・ CST1~6：市販TERASIをスターターとしたアキアミTERASI (表2参照)

○：各CSTのスターターに用いたICTの阻害率

は、スターターとして使用した市販 TERASI の値も白丸で示した。

まず、米麴を使用した KAT に注目すると、患者 P1 ではスターター使用していない AT の半分以下にまで阻害率が低下していたが、患者 P2 では大きな差は観られなかった。一方で、市販 TERASI をスターターとした CST1~6 では、患者 P1 の CST5 を除き、阻害率が AT と同等、または高い値を示していた。また、それらの値はスターターとした市販 TERASI の阻害率と相関性があり、特に患者 P2 ではその傾向が顕著であった。この結果は、IgE 結合能が高いスターターの使用は、完成品の IgE 結合能を高くすることを示唆している。そして、AT に対する値が約 18%であった患者 P2 では、いずれのスターターを用いても IgE 結合能の低下は確認されなかったが、AT に対する値が約 40%であった患者 P1 では、米麴および CST5 において大幅に阻害率が低下していた。

これらの知見から、適切なスターターの使用によって AT のアレルギー性を低下させることが可能であるが、その効果は患者の個人差が大きい事も同時に示唆された。

#### 4-5. スターターを添加したイサザアミ TERASI の物理化学的性質とアレルギー性

3種の自作 TERASI で最もアレルギー性の高かったイサザアミにスターターを添加することで、原料に依存しない低アレルギー化 TERASI の製造について検討した。調製した3種類の TERASI は、(1)市販 TERASI の中から物理化学的性質と IgE 結合能が平均的だった ICT3 を使用した ITCT、(2) 4-2 で述べた自作 TERASI の中で最もアレルギー性の低かった AT を使用した ITAT、そして(3) AT を 70°C で 5 min 加熱することで微生物や酵素を失活させた HAT を使用した ITHAT である。

まず、各 TERASI の諸性質の測定結果を図 9 に示す。スターターの添加によりいくつかの変化が観られたが、特にタンパク質分解度において、スターターの添加によるタンパク質分解の促進が認められた。加えて、IB においてスターターの添加による TM 分解の促進が認められた。

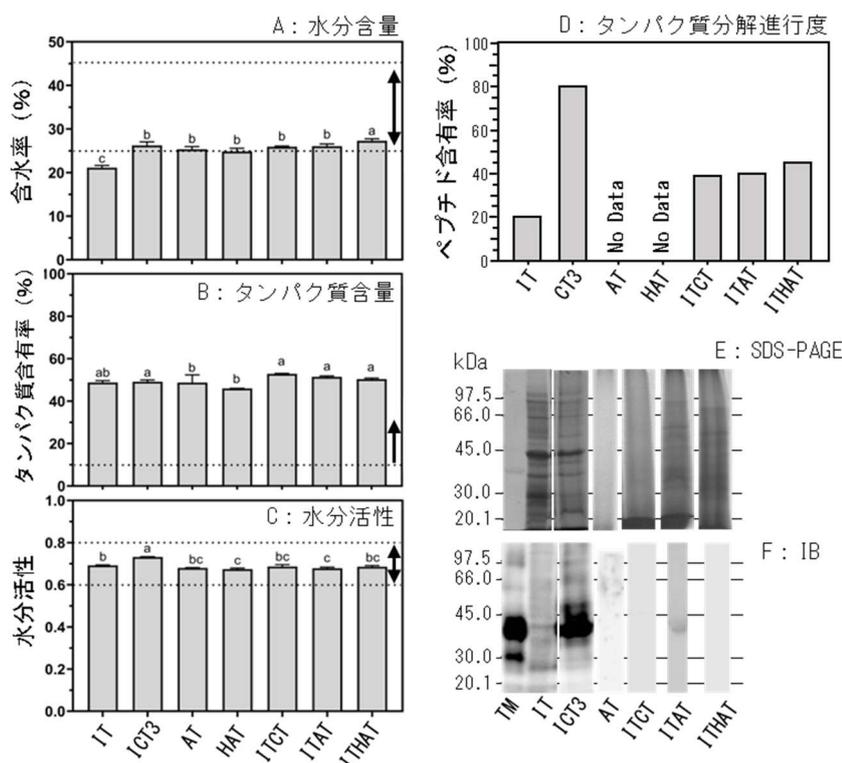


図9 スターター使用TERASIの物理化学的性質-2

IT、AT、ITCT、ITAT、ITHAT：自作テラシ（表2参照）

ICT3：市販テラシ（図2参照）

HAT：ATを加熱処理したもの

TM：精製エビ・トロポミオシン

グラフ中の点線はINSにおけるTERASI標準値の範囲を示す  
IBの一次抗体には抗TM抗体を使用した

次に、各 TERASI の製造過程および完成品の IgE 結合能を、図 10 に示す。いずれのスターター添加 TERASI も、IT と比較して大幅に低い阻害率を示し、TM の分解による IgE 結合能の低下が観られた。特に、ITHAT の値は ITAT と同程度の値であり、加熱処理した TERASI であっても TM 分解を促進するという結果が得られた。この結果は、スターターが酵素や微生物の供給源ではなく、原料が含有する微生物の栄養素として働いたことを示している。

さらに、製造工程毎の値に注目すると、スターターTERASI の阻害率は第 1 乾燥の段階で顕著に低下していた。一方、図 6 に示したように、スターター無しの場合、顕著な阻害率の低下が見られるのは、いずれの原料においても、第 2 乾燥以降であった。以上の現象は、微生物叢の変化に起因するものと推測している。例えば、中国のエビ発酵食品の製造工程において、発酵の進行に伴う含

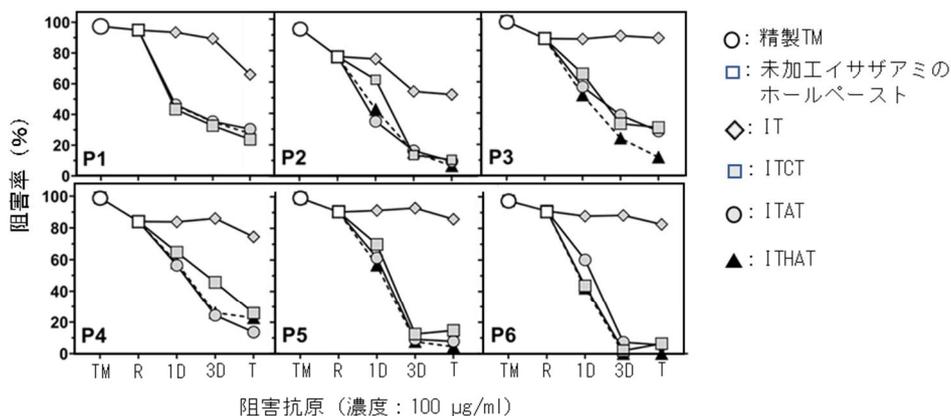


図10 スターター使用TERASIのIgE結合能-2

阻害ELISAによって、各TERASIに含まれるTMのIgE結合能を測定した

固相抗原：精製エビTM

血清：甲殻類アレルギー患者血清（P1～6）

固相抗原

- ・ TM：精製TM
- ・ R：発酵前
- ・ 1D：第1乾燥後
- ・ 3D：第3乾燥後
- ・ T：TERASI完成品

有物質や pH の変化によって、微生物叢が変化していることが報告されているが<sup>5)</sup>、これは、TERASI の製造工程においても同様であると考えられる。すなわち、分解が進んだエビ成分を含むスターターの添加によって微生物叢の変化が早められ、通常では第 2 乾燥工程以降で活発化して TM の分解を進行させる微生物が、第 1 乾燥工程の段階で活発化したことで、第 1 乾燥工程から TM の分解が進行したものと推測している。

#### 4-6. 総括と結論

アキアミとイサザアミを原料として、スターターの効果を検証したところ、イサザアミにおいて、顕著な TM の分解促進効果が観られた。特に、おなじ市販 TERASI をスターターとしたアキアミ原料の CST1 とイサザアミ原料の ITCT では、ITCT の方が、IgE 結合能が低く（図 8 および図 10）、より大きな TM 分解促進効果が確認された。

それゆえ、イサザアミの体表や体内には、アキアミよりも効果的に TM を分解可能な微生物や分

解酵素が存在するが、その活性化にはスターターが必要であると推測した。

以上の知見から、原料とスターターを適切に組み合わせることにより、低アレルギー化した TERASI の製造が可能であることが示された。特に「原料：イサザアミ、スターター：アキアミ TERASI」は有効な組み合わせであり、これを軸にした検討を進めることで、低アレルギー化 TERASI に早期実現が可能だと期待される。

### 今後の研究活動について

治癒を見込めない食物アレルギー児を対象に実施されてきた経口免疫療法の効果は明らかであった。しかし摂取し続けていれば症状が誘発されない状態（減感作、*desensitization* または持続する応答不能状態、*sustained unresponsiveness*）と自由に摂取できる状態（耐性獲得、*tolerance*）は異なる状態であることが次第に明らかになってきた。減感作状態では、児は真の“自由”は獲得できていないため、摂取しつづけることが強要され、また摂取しながらも事故リスクからは解放されず、日々の不安は払拭できない。

本研究において介入群が良好な結果を得られれば、このような状況から救われる患者は多くなる。それは患者を含めた家族の QOL の改善はもちろんのこと、医療機関への受診の必要はなくなり、高額な検査や経口負荷試験の必要性はなくなる。またアナフィラキシー発症時の高コスト救急対応の減少に繋がり、医療費削減効果も大きい。さらに社会的にも重症児として対応が必要であった保育所、学校などでの対応軽減にもつながり、その効果は非常に大きい。

本研究の研究期間は 4 年間で予定している。1 年目は COVID19 流行に伴い、当初予定していた症例数の登録とはならなかった。引き続き症例登録を行っていく。

### 参考文献

- 1) Ulfah A, Shimizu Y, Saeki H. Variation in shrimp tropomyosin allergenicity during the production of Terasi, an Indonesian fermented shrimp paste. *Food Chem.* 2023 398:133876.
- 2) Katherine O. I, Joseph L. , Robert L. H, and Steve L. T. Effect of proteolysis during Cheddar cheese aging on the detection of milk protein residues by ELISA. *J. Dairy Sci.* 2016:100:1629–

39.

- 3) Ehn, B. M, Allmere, T, Telemo, E, Bengtsson, U, Ekstrand, B. Modification of IgE binding to  $\alpha$ -lactoglobulin by fermentation and proteolysis of cow's milk. *J. Agric. Food Chem.* 2005;53:3743–8.
- 4) Ulfah A, Shimizu Y, Saeki H. Food safety evaluation of commercial Terasi, Indonesian fermented shrimp paste, from the viewpoint of food allergy. *Fisheries Science.* 2023;89:253–61.
- 5) Lv, X, Li, Y, Cui, T, Sun, M, Bai, F, Li,..etc.. (2020). Bacterial community succession and volatile compound changes during fermentation of shrimp paste from Chinese Jinzhou region. *LWT- Food Science and Technology.* 2020;122:108998.

以上