

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：11501
研究種目：挑戦的研究（萌芽）
研究期間：2021～2023
課題番号：21K19159
研究課題名（和文）環境調和型プロセスによる脱脂米糠からの微生物油脂・機能性成分連続生産技術の確立

研究課題名（英文）Development of continuous microbial-lipid and functional material production from defatted rice bran by using environmentally harmonized process.

研究代表者
渡辺 昌規（WATANABE, Masanori）
山形大学・農学部・教授

研究者番号：20320020
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：代表者らが開発したIP-EWT法により、脱脂米糠から得られた高濃度タンパク質の食品科学諸特性の理解とその残渣画分に含有するC5、C6糖からの微生物プロセスによる高不飽和脂肪酸含有油脂生成の双方について検討を行った結果、脱脂米糠由来タンパク質の吸油・吸水特性、乳化活性値は、カゼインタンパク質と同等の傾向を示した。また、貯蔵弾性値は損失弾性よりも上回っており、安定したゲルを形成能が認められた。脱脂米糠糖化液のC:N、C:P比双方の任意制御による微生物油脂生産試験、主成分分析（PCA）、Biplot解析により、菌体増殖を抑制する事により、油脂生成量は低下するが、高TUD油脂生成の可能性を示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、未利用バイオマスである米加工副産物（脱脂米糠）の新規再資源化技術開発を試みるものであり、脱脂米糠からのアレルゲンフリータンパク質、有機リン化合物の生成のみならず、その残渣から微生物油脂を生成することにより、脱脂米糠の完全資源化を目指す点に最大の特徴がある。本研究の実施により、油糧作物以外の未利用植物性バイオマスからの油脂生産に関わる基盤技術の確立の他、ゼロエミッションへの貢献をも可能にするものであり、本研究の進展により、バイオリファイナリー技術開発にイノベーション、他のバイオマスへの応用展開、SDGsへの貢献も期待される。

研究成果の概要（英文）：In order to understand food science properties of highly concentrated proteins obtained from defatted rice bran by the IP-EWT method and the production of microbial lipid from C5 and C6 sugars contained in the residue fraction showed that the oil and water absorption properties and emulsifying activity of rice bran proteins tended to be comparable to those of casein proteins. The results showed that the oil- and water-absorption properties and emulsification activity values of rice bran protein were similar to those of casein. Analysis of dynamic viscoelastic properties showed that storage elasticity exceeded loss elasticity, indicating the ability to form stable gels. Results of Principal component analysis (PCA) and Biplot analysis of microbial lipid production test under arbitrary control of both C:N and C:P ratios of culture medium indicated the possibility of high TUD oil production by suppressing cell growth, although the amount of oil production was reduced.

研究分野：バイオマス資源学

キーワード：脱脂米糠 脱脂米糠糖化液 微生物油脂 油性酵母 PCA解析

1. 研究開始当初の背景

米由来非可食部バイオマスである脱脂米糠は、国内自給が可能な未利用バイオマスであるとともに、リグノセルロース・セルロース以外に、著量のタンパク質、ミネラル塩（有機リン化合物）を含有していることが知られており、その有効利活用技術が求められている。これらを背景に、申請者は、等電点沈殿・電解水処理を組み合わせた新規タンパク質回収・精製技術（IP-EWT 法）を開発し、脱脂米糠から高栄養価・アレルギーフリー等の機能性を有するタンパク質、機能性有機リン化合物であるフィチン（フィチン酸: Inositol hexaphosphate (IP6)）の双方を単一プロセスで同時に回収することを可能にした[1]。さらに、新規に花より分離された油脂生産酵母は、リグノセルロース・セルロースの構成単糖であるキシロース、アラビノース、グルコース等の C5・C6 糖の双方を速やかに資化し、菌体内に機能性油脂（高リノール・リノレン酸含有）を生成・蓄積することを認めている[2]。しかしながら、上記 IP-EWT 法により、タンパク質・リン成分抽出により糖質含量が増大した残渣中に含有するリグノセルロース・セルロース等、多糖類の有価資源化については、未だ検討が為されていない上、油脂生成酵母の増殖・油脂生成に適した培地中 C:N, C:P 比、さらにアミノ酸等などの栄養要求性についての理解、その脱脂米糠加水分解物からの供給方法については明らかにされていない状況にある。以上を踏まえ、上記タンパク質・リン成分抽出残渣中に含有するリグノセルロース・セルロース、残存するタンパク加水分解物、ミネラル成分をそれぞれ、油脂生産酵母による油脂生成時の炭素・窒素源、アミノ酸等栄養供給源、ミネラル成分として供給し、最適化を行うことにより、効率的な油脂生産と上記有価物（タンパク質・リン化合物）の同時生産が可能になると考え、本研究計画を着想した。

2. 研究の目的

世界的な食料需要の増加、バイオ燃料等の油脂需要構造の変化により、現在、タンパク質・油脂の安定供給が望まれている。申請者らが開発した IP-EWT 法（等電点沈殿-電解水洗浄法）[3]は、脱脂米糠（米油粕）からタンパク質、有機リン化合物を単一プロセスにて、効率的且つ選択的に分離・精製する事を可能にしている。また、新規に自然界より分離した油脂生産酵母[2]は、脱脂米糠糖化物に含有する C5・C6 糖から米油に相当する脂肪酸組成を有する油脂の生産が可能である。本研究課題では、上記の両プロセスの融合により、別途高価な栄養源の供給に依存しない、米油製造後に副生される脱脂米糠からアレルギーフリータンパク質、有機リン化合物の分離・精製とその残渣からの効率的な油脂生産の双方を可能にするための基盤技術を確立する。本技術の確立により、バイオマス再資源化技術にイノベーションをもたらすとともに、完全再資源化・ゼロエミッション技術開発、SDGs への貢献も期待される。

3. 研究の方法

（1）油脂生産酵母による脱脂米糠からの油脂生成能の評価と高油脂生産機構の解明
花より新たに分離・同定した C5・C6 糖双方の資化性を有する油脂生産酵母（*Rhodotorula* sp. C7（C7 株）、*Rhodospiridium paludigenum* C10（C10 株）、*Sporidiobolus pararoseus* KX709872（KX 株））を用い、脱脂米糠糖化物を炭素・栄養源とする基本培地からの油脂生成試験により、高油脂生成能を有する菌株の選抜を実施する。併せて、脱脂米糠に含有するリグノセルロースおよびセルロースの構成糖である、キシロース、アラビノース、グルコースの資化特性、副生成物である多糖（EPS）の解析を通じて、油脂生成収率等の基礎的知見を取得する。

（2）油脂生成に与える脱脂米糠からのタンパク質・リン成分除去の効果
油脂生産酵母の油脂生成は二次同化代謝として、様々な因子によりアロステリックな制御を受けている。油脂生成（蓄積）は、培地中 C:N, C:P 比の増大、亜鉛濃度の最適化により、油脂の脂肪酸組成に変化を与える事無く、菌体油脂含量ならびに油脂生成収率増大の可能性がある[4, 5, 6]。また、油脂生産酵母の栄養要求性は、菌体増殖、油脂・菌体外高分子の代謝フラックスに大きな影響を与えていることが明らかとなっており[7]、高効率油脂生成を可能にするためには、培地中 C:N, C:P 比の最適化が必要である。本検討では、脱脂米糠糖化液（DRB）の C:N, C:P 比双方の任意制御（培地成分からの N 源除去、脱脂米糠から

の有機・無機リン化合物除去)により、任意の各種 C:N, C:P 比の条件下での DRB からの微生物油脂生産試験を実施し、その結果を主成分分析 (PCA), Biplot による油脂生成因子の解析とその評価を行う。

(3) 脱脂米糠由来タンパク質の機能と物理化学的諸特性の評価と理解

タンパク質は、食品原材料等への適用を考慮するにあたり、本検討では、乳化、発泡性、泡沫安定性、疎水度、レオロジー特性(動的粘弾性等)等の食品工学的基礎的知見の蓄積を行う。さらに、既存タンパク質(乳清、大豆、小麦)との相違点、優位性の理解を目指す。

4. 研究成果

(1) 脱脂米糠糖化液基本培地(DRB 培地)及び、グルコース、キシロース、アラビノースをそれぞれ単一炭素源とした単一炭素源基本培地を用いた油脂生成試験(好気-回分培養, 120 時間)を実施した結果を表 1 に示す。

表 1 脱脂米糠糖化液基本培地、単一炭素源基本培地による油脂生成試験結果

C7	DRB medium	Glucose medium	Xylose medium	Arabinose medium
DCW(g/L)	4.96±0.53	3.41±0.2	2.49±0.16	2.24±0.16
Lipid(g/L)	3.07±0.46	0.88±0.18	1.7±0.31	1.28±0.41
Lipid content(%w/w)	62.01±8.85	25.69±5.25	68.52±13.67	56.07±14.16
Lipid yield(%w/w)	30.5±4.4	8.8±1.8	21.6±7.8	16.5±7.3
EPS(g/L)	2.51±0.15	0.35±0.12	0.03±0.02	1.65±0.09
EPS content(%w/w)	50.58	10.33	1.38	73.81
EPS yield(%w/w)	24.99	3.54	0.35	16.67
Lipid EPS content(%w/w)	112.5	36.22	69.48	130.8
Lipid EPS yield(%w/w)	55.58	12.42	17.74	29.54

C10	DRB medium	Glucose medium	Xylose medium	Arabinose medium
DCW(g/L)	4.4±0.47	3.98±0.17	1.47±0.16	1.4±0.64
Lipid(g/L)	2.91±0.55	1.34±0.11	0.97±0.32	0.22±0.11
Lipid content(%w/w)	66.68±14.2	33.61±3.68	65.49±8.16	16.21±4.8
Lipid yield(%w/w)	29.8±5.4	13.4±1.2	19.9±6.7	11.7±3.8
EPS(g/L)	2.77±0.33	0.45±0.18	0.18±0.02	1.38±0.09
EPS content(%w/w)	63.06	11.22	12.02	27.22
EPS yield(%w/w)	30.22	4.49	2.47	16.79
Lipid EPS content(%w/w)	129.09	44.97	78.23	42.86
Lipid EPS yield(%w/w)	61.87	18.01	16.06	26.43

KX	DRB medium	Glucose medium	Xylose medium	Arabinose medium
DCW(g/L)	4.55±0.56	3.31±0.17	2.3±0.27	1.49±0.62
Lipid(g/L)	3.06±0.34	0.76±0.2	1.37±0.56	0.92±0.11
Lipid content(%w/w)	68±10.38	23.11±6.58	58.82±13.28	70.43±11.65
Lipid yield(%w/w)	33±3.4	7.7±2	19.2±6.4	16.9±1.1
EPS(g/L)	3.34±0.23	0.65±0.13	0.36±0.14	0.42±0.11
EPS content(%w/w)	73.31	19.77	15.7	28.34
EPS yield(%w/w)	36.1	6.58	3.7	7.83
Lipid EPS content(%w/w)	140.66	42.6	75.22	89.93
Lipid EPS yield(%w/w)	69.26	14.19	17.74	24.86

全ての油性酵母(3菌株)において DRB 培地は、単一炭素源基本培地と比較して、高い菌体増殖量(4g/L 以上)が認められた。また、C7 株(DRB 培地)は、最大の菌体増殖量である 4.96g/L に達した。3菌株(DRB 培地)は、約 3g/L の油脂生成量を示し、いずれも油脂含量は 60%を超え、対糖油脂収率は約 30%を示した。単一炭素源基本培地では、3菌株ともグルコース培地において菌

体増殖量は 3g/L 超であったが、C7, KX 株(キシロース培地, アラビノース培地)では油脂生成量、対糖油脂収率がグルコース培地を超える値を示した。油脂生成量は、C7 株(DRB 培地)において、最大 3.07g/L に達し、最大油脂含量は、KX 株(アラビノース培地)にて約 70%、最大対糖油脂収率は KX 株(DRB 培地)にて約 33%であった。グルコース培地では、C10 株が 3 菌株の中で、油脂の高生成が認められた。DRB 培地を用いた EPS 生成量は 3 菌株とも 2.5g/L 以上を示し、単一炭素源基本培地ではいずれも 2g/L 以上には達しなかった。最大 EPS 生成量は KX 株・DRB 培地にて 3.34g/L であり、最大 EPS 含量は C7 株・アラビノース培地にて約 74%、最大対糖 EPS 収率は KX 株・DRB 培地にて約 36%であった。また、対糖油脂 EPS 収率は全ての菌株において、単一炭素源基本培地では 10%~30%前後の値を示したが、DRB 培地では大きく上回る値である 50%以上の値を示し、油脂及び EPS の高い生産性を示した。先行研究では油性酵母では一般的に複合炭素源培地の方が油脂生成量が高いとされており、本研究では DRB 培地では全ての菌株において単一炭素源基本培地と比較して油脂生成量を含め、ほぼ全ての項目で高い値を示し、先行研究と同様の傾向が認められた[8]。また、グルコース培地にキシロースを加えることで脂質含量を短期に増やした先行研究が認められることから[8]、グルコース、キシロースを共に含有する混合炭素源培地である DRB 培地は油脂生産に適した培地であると考えられる。油脂 EPS 含量では全ての菌株において DRB 培地で 110%以上の高い値を示したが、C7 株・アラビノース培地では菌体増殖が低く油脂生成量、EPS 生成量が高いため、130%以上の高い値を示した。対糖油脂 EPS 収率も全ての菌株において DRB 培地で約 55%~69%であったのに対して、単一炭素源基本培地では約

12%~29%と低く、DRB 培地では代謝フラックスが代謝産物の蓄積にシフトしていることが予想された。

(2) 3 菌株の主成分分析(PCA), Biplot による油脂生成因子の解析における累積寄与率(第一・第二主成分)は、67-73 (%)であり、解析結果は十分に3 菌株の油脂生成特性を説明できていると考えられた。C7 株は、菌体増殖量、油脂生成量、EPS 生成量、オレイン酸含有率

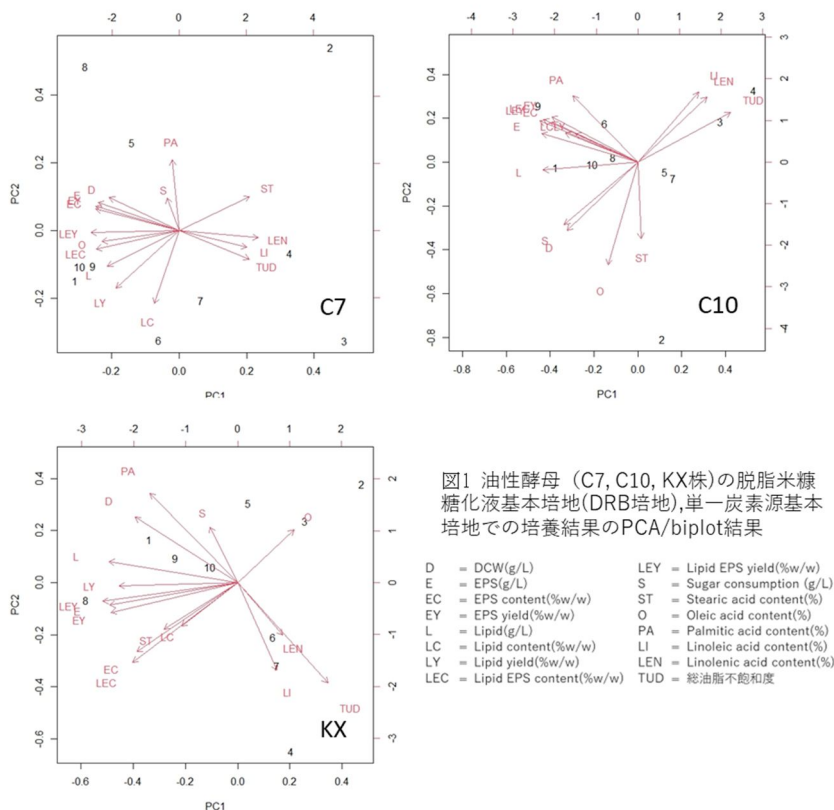


図1 油性酵母 (C7, C10, KX株)の脱脂米糠糖化液基本培地(DRB培地),単一炭素源基本培地での培養結果のPCA/biplot結果

等から成るクラスター形成・相関が認められた。これに対し、ステアリン酸、リノール酸、リノレン酸含有率、TUD(総油脂不飽和度)値を含むクラスターは、負の相関を認めた。C10 株は、油脂生成量、EPS 生成量、不飽和脂肪酸であるパルミチン酸等から成るクラスター形成・相関が認められた。KX 株は、菌体増殖量、油脂生成量、EPS 生成量、糖消費量等から成るクラスター形成・相関が認められた。これに対して、リノール酸含有率、リノレン酸含有率、TUD 値を含むクラスターは、負

の相関を認めた。3 菌株共通して、菌体増殖量、糖消費量からなるクラスターに対し、不飽和脂肪酸であるリノール酸・リノレン酸含有率、TUD 値(KX 株では、パルミチン酸含有率も含まれる)を含むクラスターは、負の相関を認めた。このことは、菌体増殖と連動した高油脂生成を培養工学的に目指した場合、低 TUD 油脂生成が促進され、また、菌体増殖を抑制する事により、油脂生成量は低下するが、高 TUD 油脂生成の可能性を示唆した。

(3) 上記 IP-EWT プロセスにより回収されたタンパク質画分の食品科学・物理化学的諸特性の解析の結果を図 2 に示す。

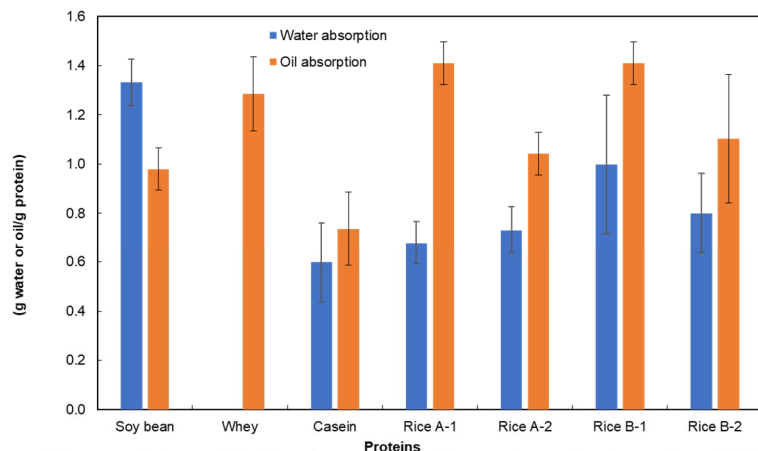


図2 米糠タンパク質 (IP-EWT法由来) と市販タンパク質 (大豆、乳清、カゼイン) の吸油・吸水特性の比較結果

吸油・吸水特性は、吸水量よりも吸油量が上回り、中性からアルカリ領域において、高い乳化活性を示したことから、カゼインタンパクと同等の傾向を示した。エマルジョン安定性については、カゼイン、大豆タンパクとは異なり、酸性領域において、高い安定性が認められた。さら

に、動的粘弾特性の解析の結果、全ての温度領域(20~90)において、貯蔵弾性が損失弾性を上回っており、安定したゲルを形成していることが認められた。

<引用文献>

- [1] Watanabe et al. LWT (2019)
- [2] Chaiyaso et al. Prep. Biochem. Biotechnol., 48 (2018)
- [3] Watanabe et al. J. Biosci. Biochem., 119 (2015)
- [4] Braunwald et al. Appl. Microbiol. Biotechnol., 97 (2013)
- [5] Siguo et al. Bioresour. Technol., 101 (2010)
- [6] Naganuma et al. J. Gen. Appl. Microbiol., 31 (1985)
- [7] Meng et al. Bioresour. Technol., 218 (2016)
- [8] Shaigani et al. Microb. Cell Factories, 20 (2021)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 WATANABE Masanori	4. 巻 61
2. 論文標題 Development of New Properties and Market Introduction of Allergen-free Protein and Functional Organic Phosphorus Compound as Food Law Materials Derived from Defatted Rice Bran by Using Environmental Harmonized Process: Possibility of Sustainable Rice Cropping by the Plant Base Protein Production from Locally Produced Paddy Rice	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 KAGAKU TO SEIBUTSU	6. 最初と最後の頁 172 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1271/kagakutoseibutsu.61.172	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yootoom Anuyut, Jantanasakulwong Kittisak, Rachtanapun Pornchai, Moukamnerd Churairat, Chaiyaso Thanongsak, Pumas Chayakorn, Tanadchangsaeng Nuttapol, Watanabe Masanori, Fukui Toshiaki, Insomphun Chayatip	4. 巻 22
2. 論文標題 Characterization of newly isolated thermotolerant bacterium Cupriavidus sp. CB15 from composting and its ability to produce polyhydroxyalkanoate from glycerol	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Microbial Cell Factories	6. 最初と最後の頁 68 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12934-023-02059-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Shioya Naohiro, Ogiso-Tanaka Eri, Watanabe Masanori, Anai Toyoaki, Hoshino Tomoki	4. 巻 12
2. 論文標題 Development of a High-Quality/Yield Long-Read Sequencing-Adaptable DNA Extraction Method for Crop Seeds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 2971 ~ 2971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants12162971	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nunta Rojarej, Khemacheewakul Julaluk, Techapun Charin, Sommanee Sumeth, Feng Juan, Htike Su Lwin, Mahakuntha Chatchadaporn, Porninta Kritsadaporn, Phimolsiripol Yuthana, Jantanasakulwong Kittisak, Moukamnerd Churairat, Watanabe Masanori, Kumar Anbarasu, Leksawasdi Noppol	4. 巻 13
2. 論文標題 Kinetics of Phosphate Ions and Phytase Activity Production for Lactic Acid-Producing Bacteria Utilizing Milling and Whitening Stages Rice Bran as Biopolymer Substrates	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biomolecules	6. 最初と最後の頁 1770 ~ 1770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/biom13121770	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Gnon Bouanra Marietta Gonroudobou, Tomoyuki Nabeshima, Takashi Nishizawa and Masanori Watanabe	4. 巻 49
2. 論文標題 Boron Deficiency Enhances Microcracking in Tomato Fruit during Summer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chiang Mai Journal of Science	6. 最初と最後の頁 1040-1049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12982/CMJS.2022.072	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Natsume Koshika, Naohiro Shioya, Takashi Fujimura, Rina Oguchi, Chie Ota, Emi Kato, Reiko Takahashi, Shuichi Kimura, Shinsuke Furuno, Koichi Saito, Kazuhiro Okabe, Masanori Watanabe and Tomoki Hoshino	4. 巻 11
2. 論文標題 Development of Ethyl Methanesulfonate Mutant Edamame Soybean (Glycine max (L.) Merr.) Populations and Forward and Reverse Genetic Screening for Early-Flowering Mutants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 1839
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants11141839	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanyawat Kaewsalud, Kamon Yakul, Chayatip Insomphun, Kittisak Jantasakulwong, Pornchai Rachtanapun, Wanaporn Tapingkae, Santi Chuetor, Masanori Watanabe, Thanongsak Chaiyaso	4. 巻 98
2. 論文標題 Hydrothermal-enzymatic process for the bio-valorization of keratin wastes by thermostable keratinase from Thermoactinomyces vulgaris TK1-21	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Chemical Technology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 1203-1214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jctb.7330	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Watanabe Masanori, Chaiyaso Thanongsak, Techapun Charin, Shiono Tadahiko, Hoshino Tomoki, Nakamura Kozo, Takenaka Shinji, Isamu Maeda, Nabeshima Tomoyuki, Nishizawa Takashi	4. 巻 25
2. 論文標題 Effect of protease addition for reducing turbidity and flocculation of solid particles in drainage water derived from wheat-flour noodle boiling process and its electrostatic properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Water Resources and Industry	6. 最初と最後の頁 100150 ~ 100150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wri.2021.100150	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Chaiyaso Thanongsak, Boonchuay Pinpanit, Takenaka Shinji, Techapun Charin, Rachtanapun Pornchai, Jantanasakulwong Kittisak, Watanabe Masanori	4. 巻 12
2. 論文標題 Efficient Enzymatic Process for Mulberry Paper Production: An Approach for Xylooligosaccharide Production Coupled with Minimizing Bleaching Agent Doses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 5347 ~ 5360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-021-01416-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Chaiyaso Thanongsak, Boonchuay Pinpanit, Takenaka Shinji, Techapun Charin, Rachtanapun Pornchai, Jantanasakulwong Kittisak, Watanabe Masanori	4. 巻 12
2. 論文標題 Efficient Enzymatic Process for Mulberry Paper Production: An Approach for Xylooligosaccharide Production Coupled with Minimizing Bleaching Agent Doses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 5347 ~ 5360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-021-01416-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Boonchuay Pinpanit, Wongpoomchai Rawiwan, Jaturasitha Sanchai, Mahatheeranont Sugunya, Watanabe Masanori, Chaiyaso Thanongsak	4. 巻 40
2. 論文標題 Prebiotic properties, antioxidant activity, and acute oral toxicity of xylooligosaccharides derived enzymatically from corncob	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Food Bioscience	6. 最初と最後の頁 100895 ~ 100895
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fbio.2021.100895	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Takenaka Shinji, Takada Airi, Kimura Yukihiro, Watanabe Masanori, Kuntiya Ampin	4. 巻 62
2. 論文標題 Improvement of the halotolerance of a <i>Bacillus</i> serine protease by protein surface engineering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Basic Microbiology	6. 最初と最後の頁 174 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jobm.202100335	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 M. Watanabe, K. Ueda, C. Yamada, C. Techapun, N. Leksawasdi, T. Chaiyaso, S. Takenaka
2. 発表標題 Physicochemical Property of Rice Bran Protein Derived from Heat-Stabilized Defatted Rice Bran.
3. 学会等名 International Conference on Food and Applied Bioscience (FAB 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Gnon Bouanra Marietta Gonroudobou, Tomoyuki Nabeshima, Takashi Nishizawa, Masanori Watanabe
2. 発表標題 Microcracking in Tomato Fruit is Related to Epidermal Cell Division and Cell Enlargement
3. 学会等名 International Conference on Food and Applied Bioscience (FAB 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上田 恵子, 廣瀬 明日香, 遠藤 修二郎, 山田 千佳子, 渡辺 昌規
2. 発表標題 脱脂米糠由来タンパク質の食品化学的特性の評価
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masanori WATANABE
2. 発表標題 Possibility of stable supply of rice-derived protein concentrate and development of plant-based meat
3. 学会等名 The 7th international conference on food and applied bioscience 2024 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 渡辺昌規	4. 発行年 2023年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 9
3. 書名 食品ロス削減と食品廃棄物資源化の技術 第IV編第9章 米加工副産物からの高純度タンパク質・リンの連続回収技術	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 米糠の処理方法	発明者 渡辺昌規	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-63261	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	山田 千佳子 (YAMADA Chikako) (30351216)	名古屋学芸大学・管理栄養学部・准教授 (33939)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
タイ	Chiang Mai University		