

紅藻添加により 良食味と難消化性の両立する 米加工食品を開発

新潟大学	農学部	応用生物化学科
	教授	大坪 研一
新潟大学	農学部	応用生物化学科
	特任准教授	中村 澄子

背景および目的

- ・わが国の平成23年度の国民医療費は38兆5,850億円となり、少子高齢化の進む将来はさらに増加すると予想されている。
- ・疾病の治療に加えて、国民医療費削減のため、予防医学、特に食による発症予防が必要とされている。
- ・糖尿病や循環器病などのメタボリックシンドロームを予防する機能性食品の開発が望まれている。
- ・本発明では、本発明者らがこれまでに報告してきた高アミロース米や超硬質米などのデンプン特性に特徴のある米に限らず、わが国で広く栽培されているコシヒカリなどの各種の一般的な米を原料とする技術開発に取り組んだ。
- ・米飯の食味が良好であって、食後血糖上昇抑制効果やアレルギー予防等の機能性が期待できる米飯等の米加工食品を製造する方法を開発することを目的とした。

従来技術とその問題点

既に実用化されているものには、(1)こんにゃくや寒天の添加や(2)超硬質米の利用による消化抑制技術があるが、

(1)は、こんにゃくや寒天等の添加に起因する食味の低下、

(2)は超硬質米の生産量の少なさによる高コスト等の問題があり、

広く利用されるまでには至っていない。

紅藻の一種「いごのり」とは

エゴノリ(学名: *Campylaeophora hypnaeoides*)は、紅藻の1種で、コンブやホンダワラなどの大型海藻に着生して生育する。

広く食用にされ、特に煮溶かして固めた料理は日本海側を中心に「えご」(新潟県)、「えご」・「いご」(長野県北部、安曇野)、「うご」(京都府)、「おきゅうと」(福岡県)などの名称で利用されている。

(ウィキペディアより)



佐渡特産

いご(展示中)

いごねり(佐渡市役所写真)

いごのりからの低温抽出と米飯への添加試験



抽出液
(1%)

抽出条件: 260W・1時間、温度80℃

無添加



低温抽出 沸騰抽出

いごのり
0.8%添加



炊 飯



沸騰抽出の いご添加 低温抽出の いご添加

各種の海藻抽出物を添加して炊飯した米飯の特徴

1. 米飯の成分特性

		食物繊維(g/100g)	SD
(A)	比較炊飯米	0.56	0.8
	ふのり添加炊飯米	1.48	0.08
	いごのり添加炊飯米	→ 2.10	0.10
	昆布添加炊飯米	1.57	0.00
	わかめ添加炊飯米	1.92	0.00

		難消化性澱粉(RS) %	SD
(B)	比較炊飯米	0.30	0.02
	ふのり添加炊飯米	1.79	0.01
	いごのり添加炊飯米	→ 1.71	0.06
	昆布添加炊飯米	2.32	0.11
	わかめ添加炊飯米	1.92	0.04

		グルコース含量(g/100g)	SD
(C)	比較炊飯米	0.21	0.01
	ふのり添加炊飯米	0.97	0.01
	いごのり添加炊飯米	→ 0.95	0.02
	昆布添加炊飯米	0.93	0.00
	わかめ添加炊飯米	0.91	0.04

2. 米飯の物理特性

		硬さ	SD	こし	SD	付着	SD	粘り	SD
(D)	比較炊飯米	8.58	2.1	25.57	1.7	23.9	9.5	21.3	3.20
	ふのり添加炊飯米	12.42	2.61	29.51	2.92	13.31	4.16	13.29	7.86
	いごのり添加炊飯米	13.09	2.29	32.12	2.37	19.93	3.54	20.07	1.84 →
	昆布添加炊飯米	12.88	1.73	34.21	1.62	9.49	2.25	15.42	2.80
	わかめ添加炊飯米	13.33	1.06	32.67	1.72	18.04	4.67	21.26	1.83

米飯の食味

No	試料の種類	外観	味	香り	硬さ	粘り	総合評価
1	比較炊飯米	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
2	ふのり添加炊飯米	3.8	2.4	2.1	2.3	2.7	2.4
3	いごのり添加炊飯米	4.2	3.1	3.0	3.2	3.3	4.2
4	昆布添加炊飯米	4.1	4.3	1.8	2.9	2.2	2.3
5	わかめ添加炊飯米	4.1	2.8	2.2	3.1	3.1	2.4

注：1：劣る、2：やや劣る、3：普通、4：やや良い、5：良い

いごのり抽出液を添加して炊飯した米飯は、**外観が優れており、硬さがやや増すが、粘りも増加し、総合的に優れた食味となる。**

Table 4. Physical Properties and Chemical Composition of Boiled Rice Treated with Various Soaking Methods

	Resistant		Glucose		Glutamic		Polyphenol		Dietary fiber		DPPH radical	
	starch	SD	content	SD	acid	SD	Eq.Gallic acid	SD		SD	scavenging act.	SD
	%		%		%				%		Trolox(mg/100g)	
Kos by soaking in a DW at 15°C- 60	0.30 a	0.02	0.16 a	0.00	0.26 a	0.03	51.49 a	0.51	0.44 a	0.03	8.35 a	0.18
H243 by soaking in a DW at 15°C- 60	4.26 b	0.01	0.19 a	0.00	0.60 b	0.00	64.15 b	2.05	0.73 b	0.04	8.09 b	0.70
Kos by soaking in a MSTR at 15°C- 60	1.17 a	0.04	0.27 b	0.00	0.80 c	0.02	58.72 a	0.51	0.70 b	0.03	12.63 b	1.96
H243 by soaking in a MSTR at 15°C- 60	3.60 b	0.02	0.46 c	0.00	1.06 a	0.02	66.68 b	1.53	2.40 c	0.06	10.64 b	1.47
HK by soaking in a MSTR at 15°C- 60 after HT	1.96 c	0.01	0.17 a	0.00	0.49 b	0.00	70.29 c	1.53	1.90 c	0.05	19.26 d	1.11

	Hardness		Toughness		Adhesion		Stickiness	
		SD		SD		SD		SD
	[gw/cm^2]		[gw/cm^2]		[gw/cm^2]		[gw/cm^2]	
Kos by soaking in a DW at 15°C- 60	11.34 a	1.92	30.66 a	3.73	40.30 a	4.11	46.25 a	3.02
H243 by soaking in a DW at 15°C- 60	17.24 b	1.59	39.99 b	1.69	12.57 b	3.50	14.43 b	1.88
Kos by soaking in a MSTR at 15°C- 60	24.03 c	4.35	41.00 b	4.96	34.15 c	5.44	47.62 a	2.97
H243 by soaking in a MSTR at 15°C- 60	11.67 a	2.30	25.59 c	2.72	11.32 b	2.90	10.47 b	1.28
HK by soaking in a MSTR at 15°C- 60 after HT	11.37 a	1.63	24.91 c	1.42	15.25 b	3.70	16.33 b	1.47

Correlation is significant at 5% by the method of Tukey. Same letter means not significantly different ($p < 0.05$)

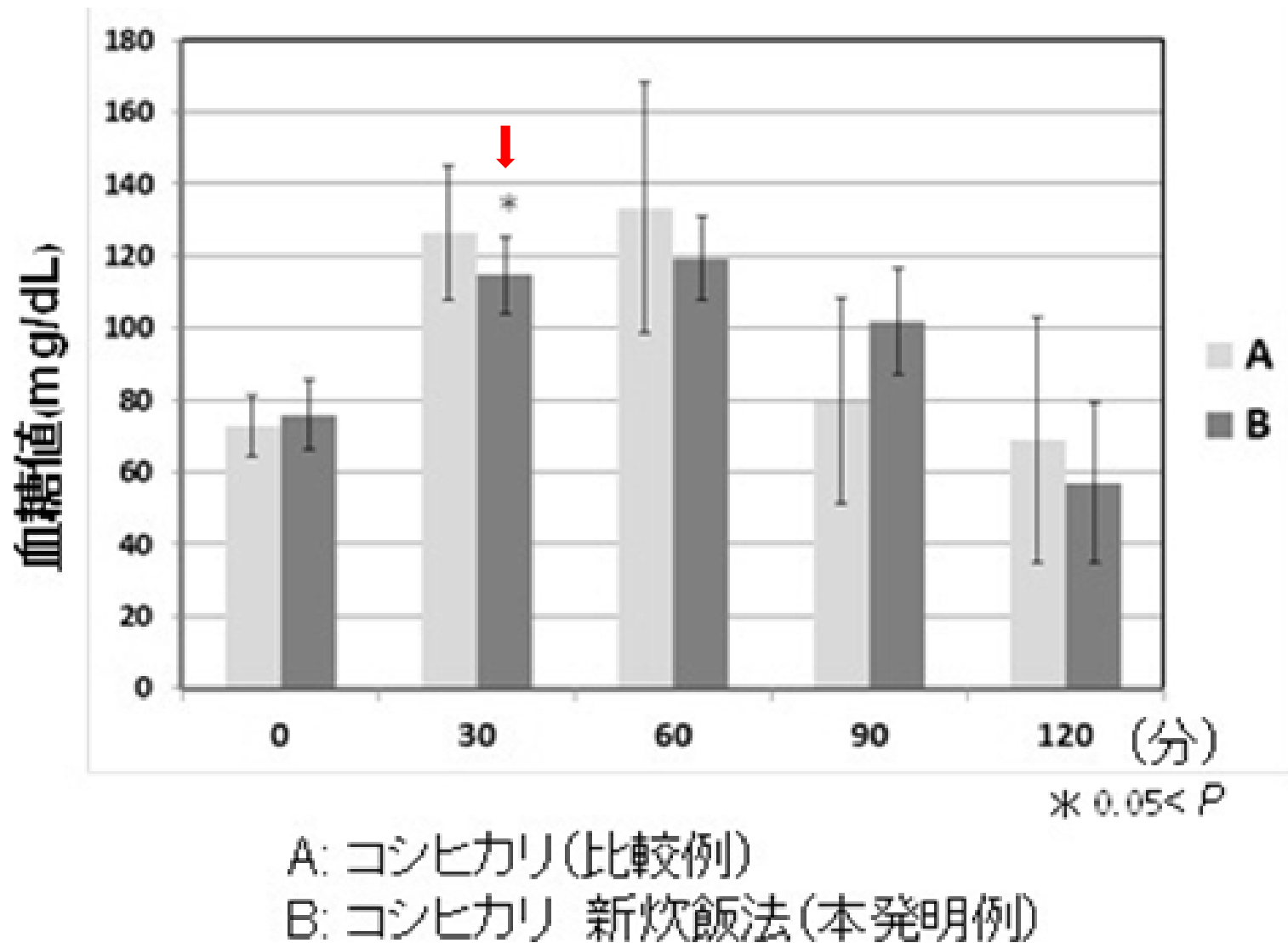
Kos; Koshisikari. H243; Hokurikukona243go. DW; distilled water. at 15°C- 60; at 15°C for 60 min. HT; heat treatment.

MSTR, 0.1% unsalted rice *koji* miso, 0.6% water-soluble extracts from ego-nori seaweed, 5.6% water-soluble extracted from tomato, 5.6% water-soluble extracts from red onion, and 0.1% rice bran oil.

HT; heat treatment(100°C for 15 min), HK; blend rice of Hokurikukona243go and Koshihikari (2:1 ration).

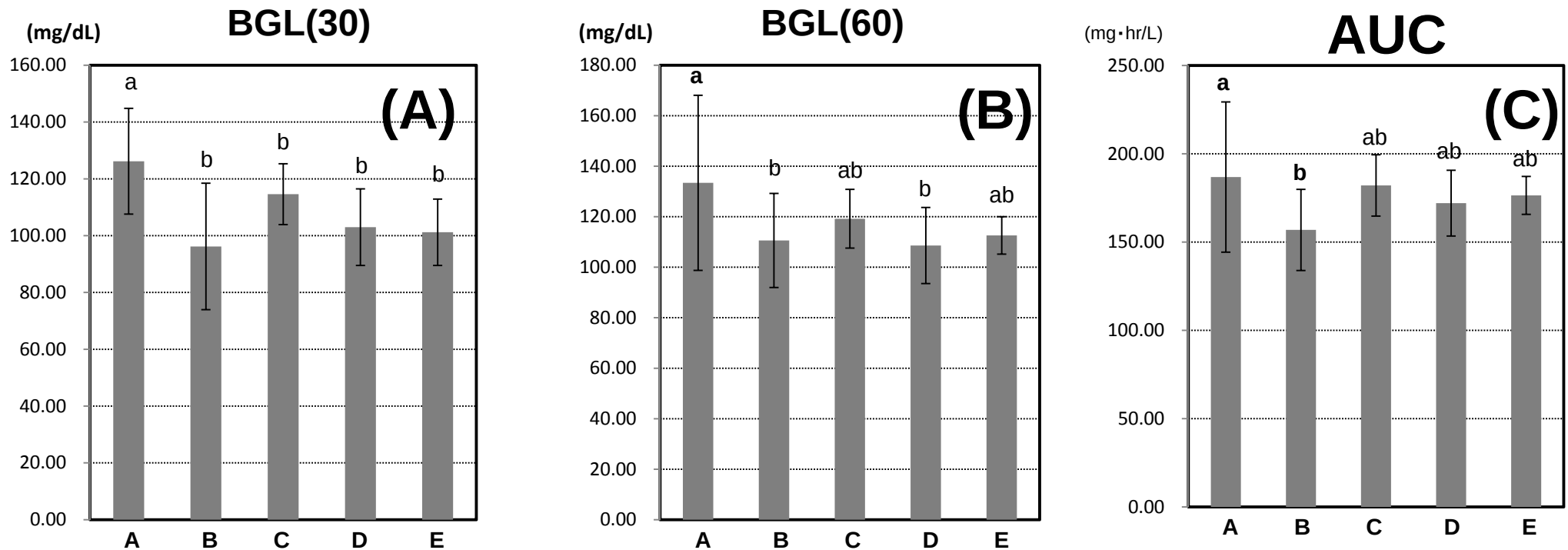
Sumiko Nakamura and Ken'ichi Ohtsubo: Improvement of Palatability and Inhibition of Abrupt Increase in Postprandial Blood Glucose Level by the Boiled Rice after Soaking with Functional Food Ingredients. *J. Applied Glycoscience*, **62**, 53-63, 2015.

いごのり抽出物添加炊飯における血糖上昇抑制効果



ラットの飼育試験: 本発明の炊飯方法によるコシヒカリ米飯及び通常の方法で炊飯した比較対照コシヒカリ米飯を凍結乾燥して粉碎し、5週齢SD系雄ラット6頭による食後血糖上昇試験を実施した。

各種の米飯におけるラットによる食後血糖値の変化



Significant correlations at $p < 0.05$ according to Tukey's test
The same letters indicate no significant difference ($p < 0.05$).

A; コシヒカリ(水浸漬)

B; 超硬質米(水浸漬)--**血糖上昇を抑制するがまずい**

C; コシヒカリ(MSTR浸漬)--**血糖上昇を抑制し、食味も良好**

D; 超硬質米(MSTR浸漬)--**血糖上昇を顕著に抑制し、食味も改善**

E; コシヒカリ/超硬質米(熱処理+MSTR浸漬)--**血糖上昇を抑制**

**MSTR: 無塩味噌(0.1%)、イゴリ抽出物(0.6%)、トマト抽出物(5.6%)、
赤タマネギ抽出物(5.6%)、米糠油(0.1%)**

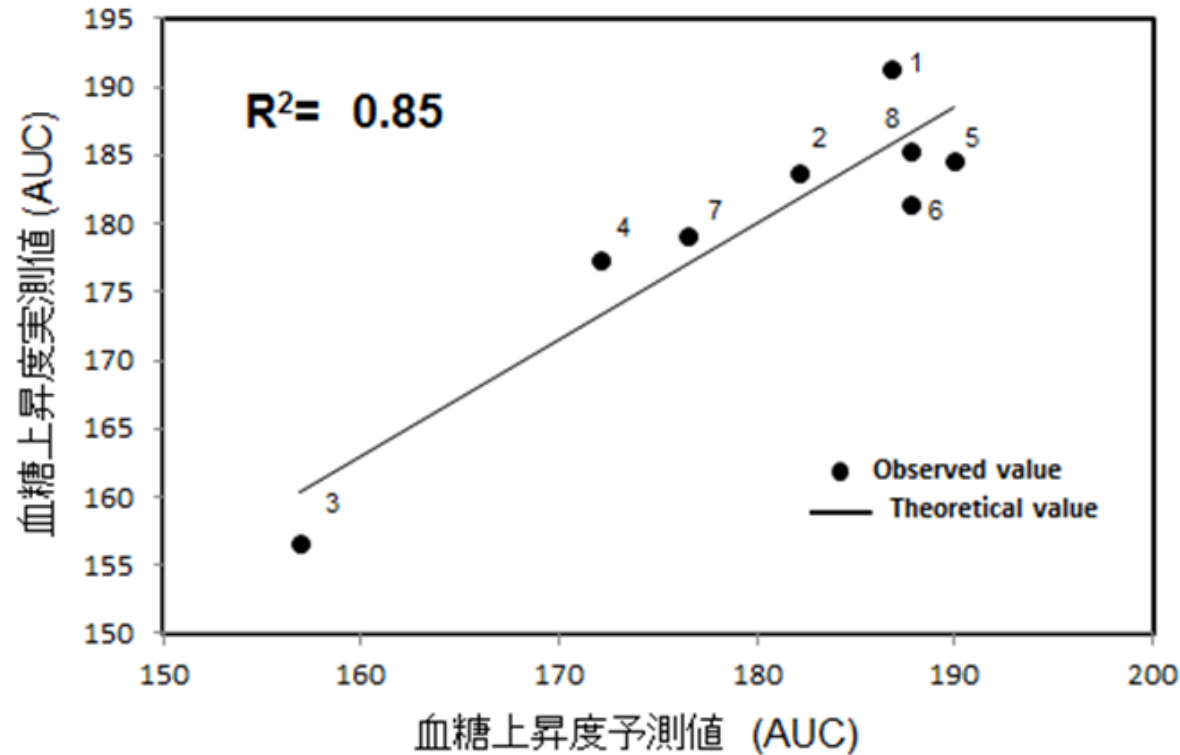
成分、物理特性、ラット食後血糖値の相互関係

	Resistant starch (%)	Glucose content (g/100g)	Glutamic acid (mg/L)	Polyphenol Gallic acid (mg/100g)	Dietary fiber (g/100g)	DPPH radical scavenging Trolox (mg/100g)	Hardness [gw/cm^2]	Toughness [gw/cm^2]	Adhesion [gw/cm^2]	Stickiness [gw/cm^2]	BGL 30min mg/dL・h	BGL 60min mg/dL・h	BGL 90min mg/dL・h	BGL 120min mg/dL・h	AUC mg・hr/L
Resistant starch	1.00														
Glucose content	0.37	1.00													
Glutamic acid	-0.23	0.52	1.00												
Polyphenol Gallic acid	0.65	0.30	-0.58	1.00											
Dietary fiber	0.47	0.66	0.00	0.79	1.00										
DPPH scavenging	0.13	-0.28	-0.87	0.76	0.39	1.00									
Hardness	-0.25	-0.02	-0.20	-0.20	-0.49	-0.02	1.00								
Toughness	-0.10	-0.25	-0.18	-0.39	-0.75	-0.23	0.88 *	1.00							
Adhesion	-0.91 *	-0.39	0.41	-0.91 *	-0.71	-0.47	0.27	0.30	1.00						
Stickiness	-0.91 *	-0.36	0.33	-0.86	-0.73	-0.41	0.44	0.43	0.98 **	1.00					
BGL30min	-0.86	-0.23	0.62	-0.90 *	-0.54	-0.58	0.03	0.05	0.95 *	0.89 *	1.00				
BGL60min	-0.80	-0.50	0.44	-0.91 *	-0.68	-0.51	-0.05	0.10	0.93 *	0.85	0.95 *	1.00			
BGL90min	-0.20	0.22	-0.36	0.58	0.59	0.72	0.10	-0.36	-0.21	-0.13	-0.23	-0.39	1.00		
BGL120min	-0.01	0.55	0.84	-0.18	0.43	-0.54	-0.66	-0.68	0.07	-0.07	0.36	0.21	-0.13	1.00	
AUC	-0.92 *	-0.12	0.45	-0.56	-0.16	-0.19	-0.06	-0.25	0.80	0.75	0.86	0.74	0.27	0.37	1.00

Correlation is significant * or ** at 5% or 1%, respectively by t-test.

- 1. ラット食後血糖値は、**米飯の粘り**が弱いと低くなる傾向にある。
- 2. ラット食後血糖値は、**ポリフェノール**が多いと低くなる傾向にある。
- 3. ラットAUCは、**難消化性澱粉**が多いと小さくなる。

米飯物性とグルコース含量に基づくラット血糖上昇の予測式



$$\text{血糖上昇度 (AUC)} = -7.647 \times (\text{難消化性澱粉含量}) - 0.980 \times (\text{米飯の硬さ}) + 38.285 \times (\text{グルコース含量}) + 198.757$$

1; Boiled rice of Koshihikari soaked in DW, 2; Boiled rice of Koshihikari soaked in MSTR

3; Boiled rice of Hokurikukona243 soaked in DW, 4; Boiled rice of Hokurikukoka243 soaked in MSTR

5; Boiled rice of Calrose soaked in MSTR, 6; Boiled rice of Hokurikukona243 soaked in MSTR after HT

7; Boiled rice of Hokurikukona 243 soaked in MSTR after HT, 8; Boiled rice of Hokurikukona 243 in 0.6% ego extract

米飯の物性、難消化性澱粉含量、グルコース含量から
動物試験の食後血糖上昇の結果の予測が可能

沖縄産の「モーイ」添加の米飯物性への影響

炊飯条件	表層の硬さ H1 [gw/cm ²]	全体の硬さ H2 [gw/cm ²]	表層の粘り S1 [gw/cm ²]	全体の粘り S2 [gw/cm ²]	付着性 L3 [mm]
コシヒカリ(1.3倍加水)	69.39	1848	-15.87	-382.1	3.22
コシヒカリ+モーイ(低温抽出)+0.1%無塩味噌添加	58.25	2059	-11.34	-352.2	2.63
コシヒカリ+モーイ(低温抽出)+0.5%無塩味噌添加	66.22	2034	-10.09	-333.2	2.67

イバラノリ(沖縄産モーイ)抽出液を添加して炊飯した米飯も、
いごのり添加よりはやや劣るものの、**良好な食味を呈し、**
やや硬さを増すことから、機能性の期待される米飯となった。

各種素材の炊飯への添加の影響

炊飯添加液	RS(%)	SD	グルコース	SD	硬さ	SD	こし	SD	付着	SD	粘り	SD
水(対照)	0.30	0.02	0.16	0.00	11.34	1.92	30.66	3.73	40.30	6.11	46.25	6.02
麴	0.53	0	0.65	0.02	16.1	3.3	37.26	4.2	44.6	5.3	50.2	7
ヨーグルト	1.25	0.1	1.25	0.05	17.2	2.9	36.12	5.2	42.2	4.2	47.7	7.4
納豆	1.43	0.1	0.18	0.01	15.2	3.1	33.54	4.4	43.3	5.1	51.2	6.4
発芽玄米	0.42	0.1	1.54	0.07	13.3	2.2	32.29	4.1	41.6	4.4	48.3	5.6
トマト	0.37	0	0.76	0.42	13	1.9	33.28	4.2	43.8	4.4	50.1	6.9
大根	1.55	1.1	0.95	0.55	15.9	2	41.22	3.9	43.2	5.2	48.3	4.6

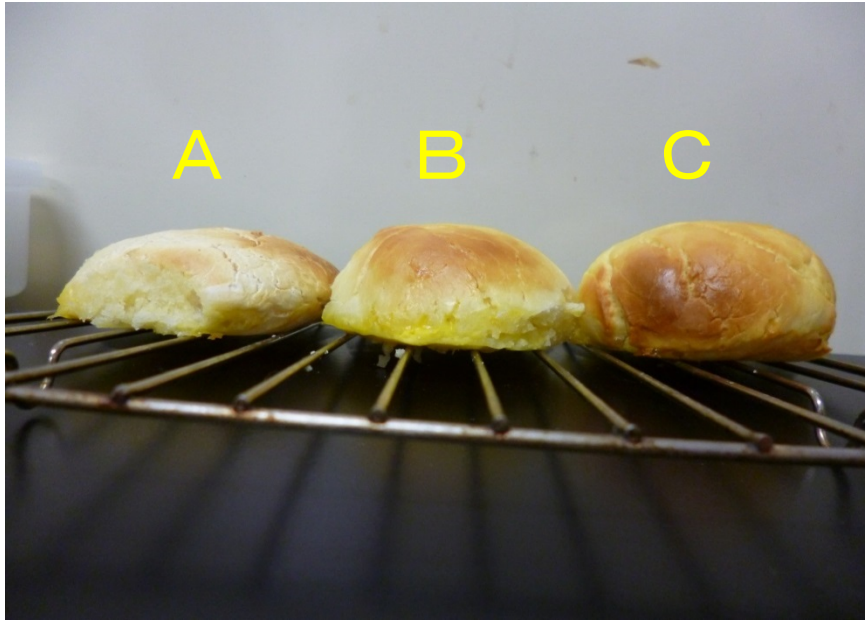
	試料	難消化性澱粉 (%)	グルコース (g/100g)	グルタミン酸 (mg/L)	ポリフェノール (mg/100g)	食物繊維 (g/100g)	DPPHラジカル消去活性 (mg Trolox/g/100g)
1	比較対照米飯	0.30	0.16	0.34	51.49	0.44	8.35
2	試料1	0.54	0.36	1.31	49.59	0.72	9.71
3	試料2	0.55	0.30	1.33	61.25	1.10	17.77

試料1: いごのり(0.8g/米・100g)添加炊飯

試料2: 無塩味噌、凍結乾燥トマト及び凍結乾燥赤タマネギを、

0.1重量%、0.3重量%、0.18重量%添加して炊飯 →
食物繊維とポリフェノールが増加し、抗酸化性が向上した。

各種の加工食品

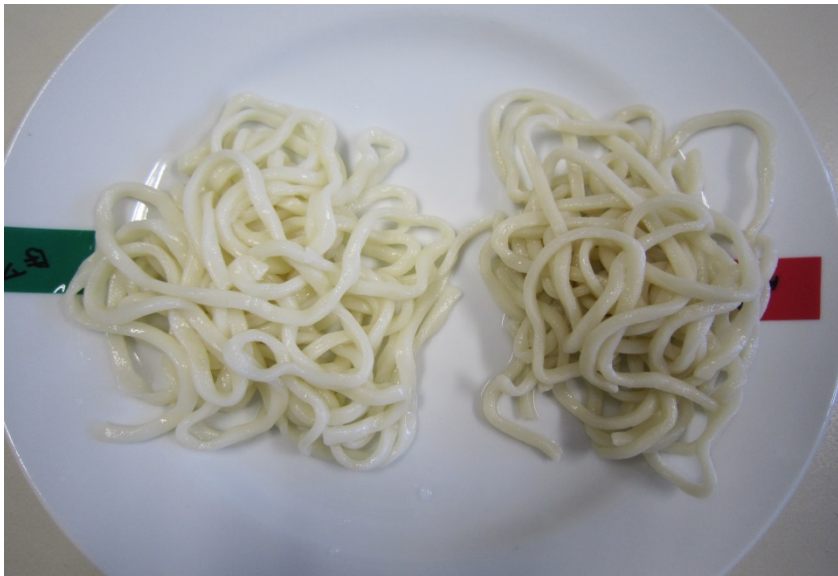


米粉パン

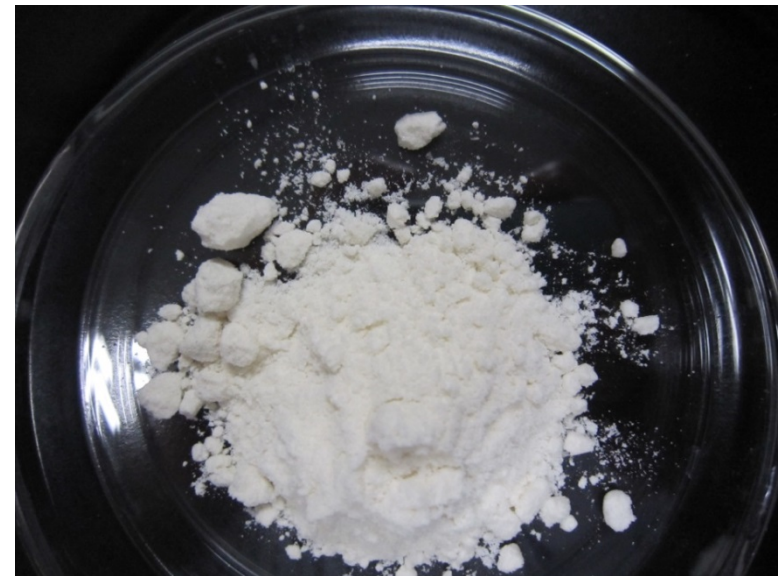


A: 抹茶、B: 夏みかん、C: イチゴ、D: リンゴ、E: トマト

飲料



米粉麺



粉末

小麦不使用のいごのり添加米粉パン

米粉280g、卵1個、いごのり(80℃抽出)82g、ホイップクリーム43g、砂糖20g、塩2.5g、バター15g、スキムミルク15g、味噌2.8g、酵母3gを混合し、家庭用製パン器(パナソニックSD-BH101、短縮モード)を用いて製パンした(パンC)。比較対照として、卵1個、いごのり82g、ホイップクリーム43gの3種類の原料を使用せずに、等量の水180gを加えて製パンした(パンA)。また、いごのりのみ加えずに製パンした試料をBとした。

図に示すように、卵、いごのり、味噌およびホイップクリームを添加した米粉パンCが最も良く膨張し、食感と風味が優れていた。いごのりを用いない米粉パンBがこれに次ぐ評価であり、卵、いごのり、味噌、ホイップクリームを用いない米粉パンAは、膨張性が劣り、餅のような食感で風味も乏しかった。米粉パンCは、膨張性と食味が優れている上に、小麦アレルギー発症予防効果が期待される。

特許請求の範囲

- 【1】 米に、いごのり(*Campylaephora hypnaeoides*)および／あるいはイバラノリ(*Hypnea charoides*、*Hypnea asiatica*、または*Hypnea seticulosa*)の抽出物を添加することを特徴とする、米加工食品の製造方法。
- 【2】 米に、さらに加水分解酵素含有副原料を添加する、請求項1に記載の米加工食品の製造方法。
- 【3】 加水分解酵素含有副原料が、味噌、麴、乳酸発酵食品、納豆、発芽穀類種子、トマト、大根及びタマネギからなる群より選ばれた1種類以上である、請求項2に記載の米加工食品の製造方法。
- 【4】 抽出物が、いごのりおよび／あるいはイバラノリを60℃～90℃の水で抽出することにより得られたものである、請求項1～4のいずれかに記載の米加工食品の製造方法。
- 【5】 米に対するいごのりおよび／あるいはイバラノリの抽出物の添加量が、乾物として0.1重量%～5重量%である、請求項1～5のいずれかに記載の米加工食品の製造方法。
- 【6】 米に対する加水分解酵素含有副原料の添加量が、乾物として0.1重量%～5重量%である、請求項2～5のいずれかに記載の米加工食品の製造方法。
- 【7】 米加工食品が米飯、パン、飲料又は粉末食品である、請求項1～7のいずれかに記載の米加工食品の製造方法。

新技術のまとめ

- (1) 米飯の表層の粘りが強く、光沢があり、
味が良いという**良好な食味**の米飯。
- (2) 難消化性デンプンや食物繊維を多く含み、
食後の血糖上昇が一般の米飯より緩やか。
- (3) 玉葱や味噌等の添加により、**抗酸化性**が増し、
パン、麺、スープ、菓子等にも適用が可能。

本発明の効果

- (1) 食味が良好で、食後血糖上昇が緩やかな米飯等の加工食品を製造できる。
- (2) 食後血糖上昇抑制効果を保持しながら、米飯の表層の粘りが強く、光沢があり、味が良いという食味佳良な米飯を製造できる。
- (3) 難消化性澱粉や食物繊維を多く含み、食後の血糖上昇が一般の米飯より緩やかで、糖尿病発症予防等の機能性を期待できる。
- (4) パン、飲料、粉末食品においても、外観および物性が向上し、機能性が向上する。
- (5) 対象である米加工食品が小麦を使用していないため、摂食しても小麦アレルギー反応を起こさない。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の課題であった、「食味」を落とさずに「難消化性」を改良することに成功した。
- 従来は食味や外観の点で、寒天等の使用に限られていたが、動物試験で難消化性を証明できたため、機能性食品に向けて研究開発を発展させることが可能となった。
- 本技術の適用により、佐渡特産の「いごのり」の新用途が開発されることが期待される。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、**加工米飯**の製造に適用することで**機能性付与**のメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、「**新しい食感の食品**」という効果が得られることも期待される。
- また、達成された「機能性」に着目すると、米パンや米麺といった**加工食品**の分野や用途に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、紅藻抽出物について米飯への添加、米パンへの添加が可能のところまで開発済み。しかし、「**量産化**」の点が未解決である。
- 今後、「機能性」について**実験データを増強し、「機能性表示食品」**に展開していく場合の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、**工場規模の生産**においても「食味」と「難消化性」の高レベルでの両立を確保できるように技術を確立する必要もある。

企業への期待

- 未解決の「食味改善」については、物性改良や呈味成分付与の技術により克服できると考えている。
- 米等の穀類加工の技術を持つ、食品企業との共同研究を希望。
- また、機能的食品を開発中の企業、バイオサイエンス分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 紅藻抽出物を添加した米加工食品およびその製造方法
- 出願番号 : 特願2014-149440
- 出願人 : 新潟大学
- 発明者 : 大坪研一、中村澄子



産学連携の経歴



- コメ品種判別キットの開発(タカラバイオ社より実用化)
- 新潟県産コシヒカリの判別キットの開発(タカラバイオ社より実用化)
- 糊化特性試験装置の改良(フォス・ジャパン社により実用化)
- 即席玄米雑炊の開発(キューピーと共同開発、実用化)
- 紫黒米の米粉パンの開発(ボン・オーハシ社により実用化)
- トマトパンの開発(ボン・オーハシ社により実用化)

実用化したコシヒカリ判別キット

キットの内容

1. DNA Polymerase
2. 10 × PCR緩衝液
3. 25mM MgCl₂
4. 2.5mM dNTPs
5. Primer Mixture
6. Control template
7. Loading Buffer
8. DNA Marker



これまで2500キット(25万点の分析に相当)が販売された



新型RVA
「ライスマスター」

お問い合わせ先

- 新潟大学産学地域連携推進機構
産学地域連携推進センター
- TEL 025－262－7554
- FAX 025－262－7513
- e-mail onestop@adm.niigata-u.ac.jp