

2023年12月12日

乾海苔に含まれる特有の単糖類の
抽出精製法とその機能性

佐賀大学農学部. 生命機能科学コース

教授 濱 洋一郎

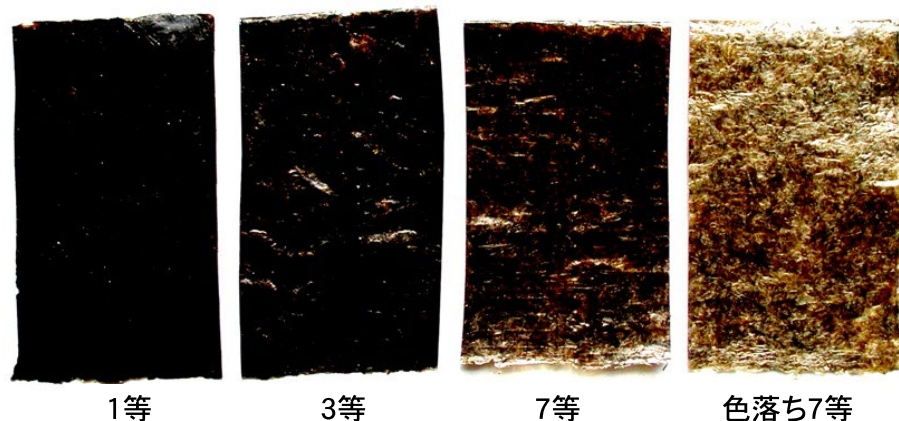
(hamay@cc.saga-u.ac.jp)

背景

海藻の国内生産量は39.8万トンで、このうち28.9万トンをのり類が占めている（乾重量，2020年度）。

有明海は日本一の海苔生産地区で、なかでも佐賀県産海苔は量，質ともに日本一で，例年15億枚以上の乾海苔を生産している。

しかし，低品質海苔は廃棄されており，それに伴う環境負荷および資源の有効利用という点が懸念されている。



佐賀県で廃棄されている乾海苔の枚数
最近では多い年で490万枚（2017年度）
（100万枚は約3トン）
（過去最高では700万枚）

背景

海藻中には未利用成分が含まれているが、海藻の主成分である粘性多糖が邪魔をし抽出が難しい。

海苔には紅藻特有の単糖類であるイソフロリドシドが含まれている。

イソフロリドシドはヒトには消化吸収されないプレバイオティクスであることが報告されている。

イソフロリドシドは甘味を呈することが知られている。

本技術のポイント

乾海苔中のイソフロリドシドの簡便，高収率な抽出方法を作成した。

精製したイソフロリドシドを用い，その甘味を評価し，爽やかですっきりとした甘味を呈することを明らかにした。

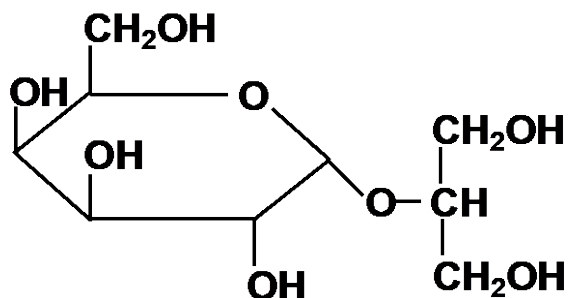
イソフロリドシドは虫歯原因菌によって利用されないことを明らかにした。

イソフロリドシドが持つ機能性についても評価し，食欲抑制などの生体恒常性維持機能をもつことを明らかにした。

イソフロリドシドとは

フロリドシド：紅藻類に特有の糖質

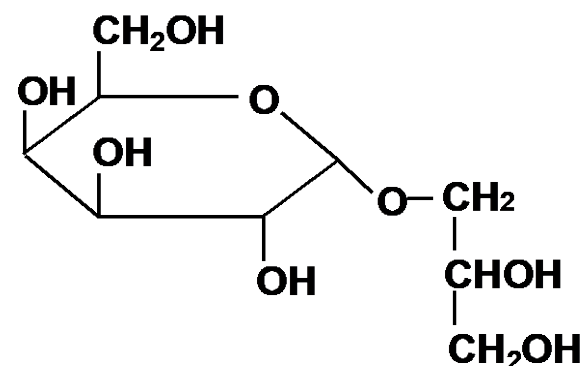
ガラクトースとグリセロールが1対1で結合
光合成によって獲得したエネルギーを貯蔵
浸透圧調整に関与



フロリドシド
2-*O*-(α -D-galactopyranosyl)glycerol



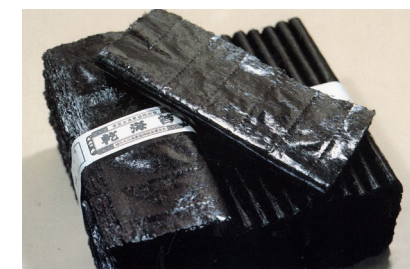
マクサでの主成分
寒天の原料



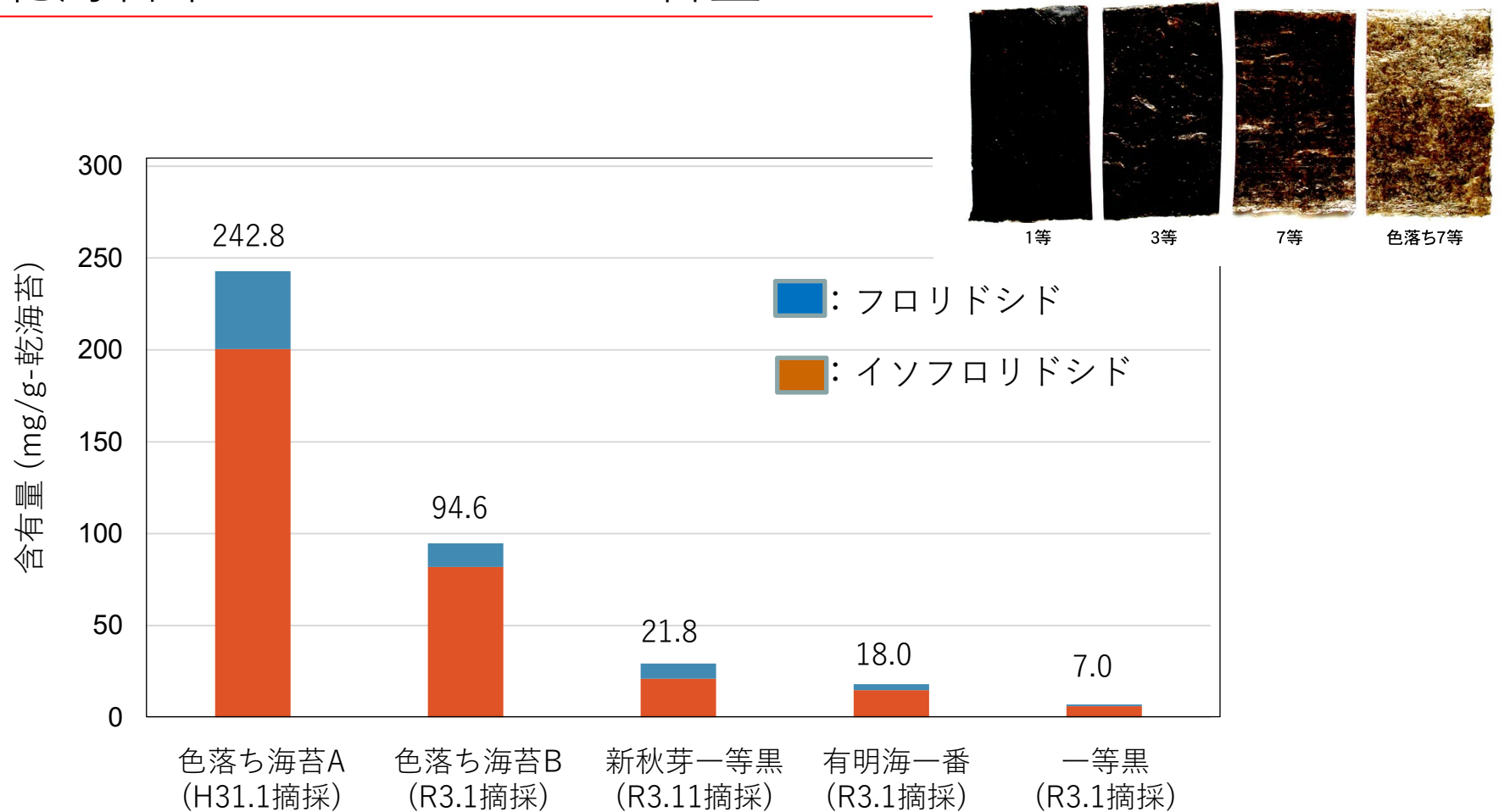
イソフロリドシド
1-*O*-(α -D-galactopyranosyl)glycerol
or
3-*O*-(α -D-galactopyranosyl)glycerol



スサビノリでの主成分
官能的に甘い



実験 1 : 乾海苔中のフロリドシドの含量

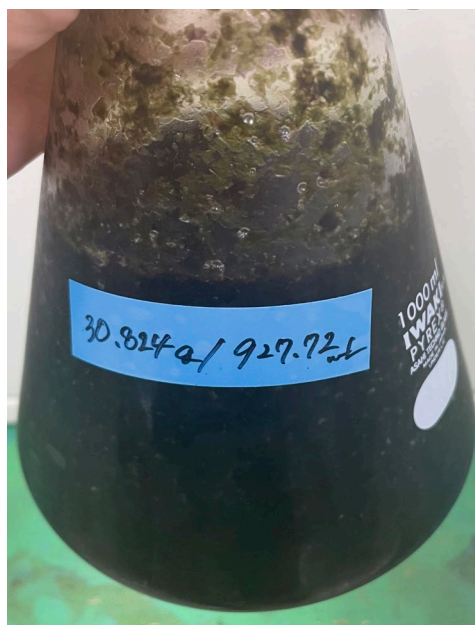


低品質の海苔ほど、フロリドシド類の含有量が多い

含有量の高い海苔では、イソフロリドシドを乾重量の約20%含有している

従来技術とその問題点

実験 2 : 乾海苔粉碎物から水での抽出

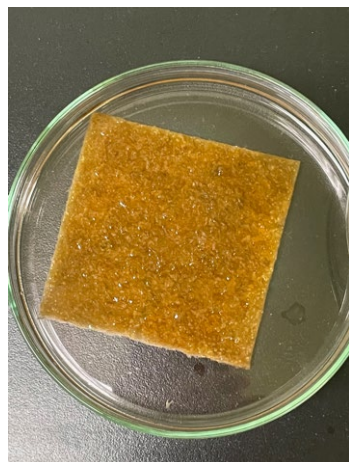


(吸引濾過)

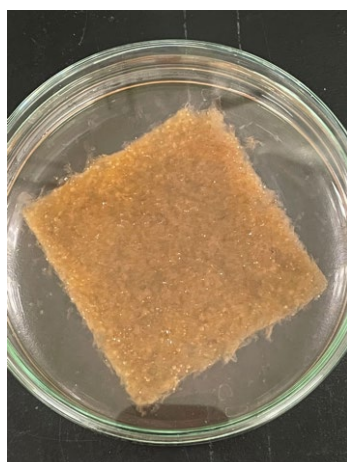
乾海苔を粉碎して水で抽出するとゾル化
その後の操作（抽出溶媒の分離）が困難

実験 3 : 抽出方法の検討ー乾海苔をそのまま純水に浸漬

5°C, 24時間

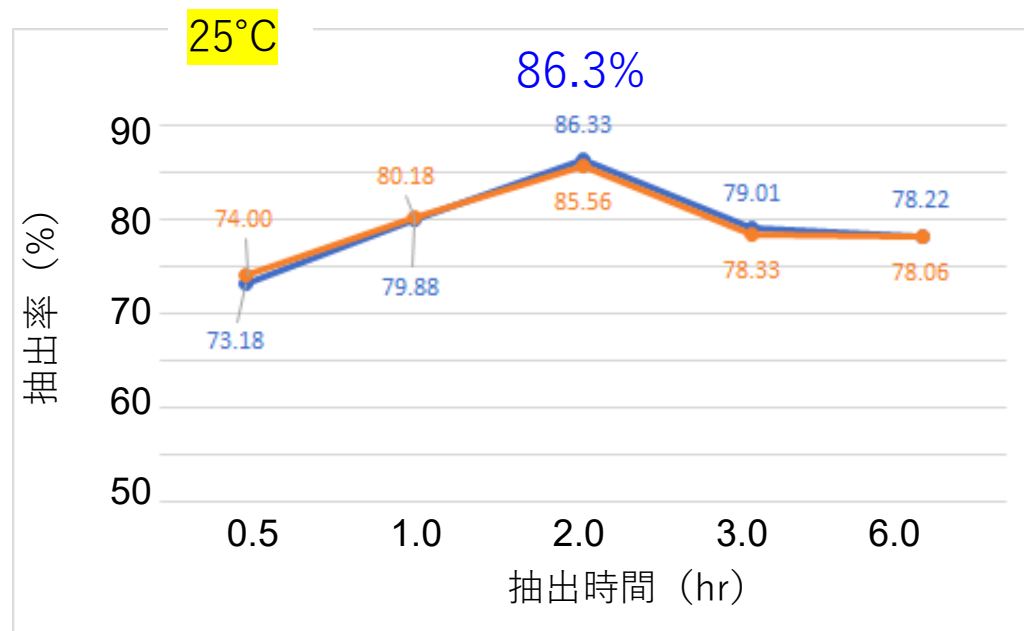
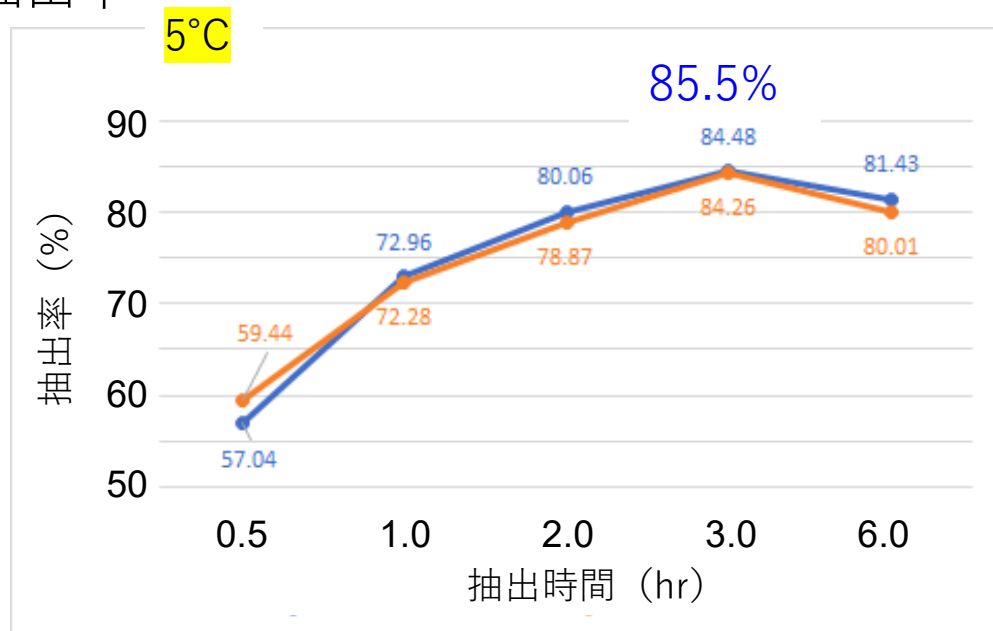


25°C, 24時間



乾海苔がほぐれず形状を維持している

抽出率



乾海苔の状態からイソフロリドは抽出可能である

既存技術との違い

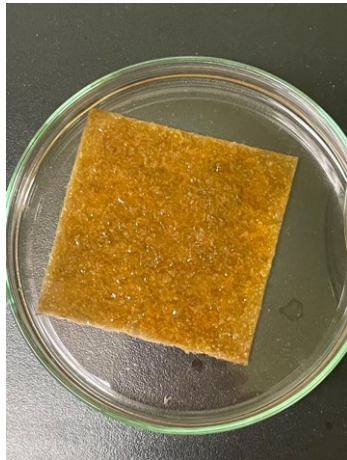
	当該発明	既存技術 特開2007-290971号公報
抽出材料	乾海苔 (板海苔)	海藻乾燥物 (海苔粉末からの抽出例が記載)
抽出条件	板海苔を網状の構造物に入れ5°Cの 水中に浸漬する (複数枚重ねての抽出も可)	海藻乾燥物に好ましくは0から10°C の水を加える
抽出時間	3時間で80%以上の イソフロリドンドが抽出 (3枚重ねでは70%前後)	抽出時間は10~16時間程度とするの が好ましい
抽出液の分離	網状の構造物ごと水中から引き上げ しばらく静置	吸引濾過
精製方法	イオン交換 限外濾過 結晶化	限外濾過 イオン交換または電気透析
抽出残渣の処理	ポルフィラン抽出原料として利用	記載なし

実験4：抽出方法の検討ー乾海苔をそのまま純水に浸漬

25°C, 24時間



5°C, 24時間



網の上で水切り

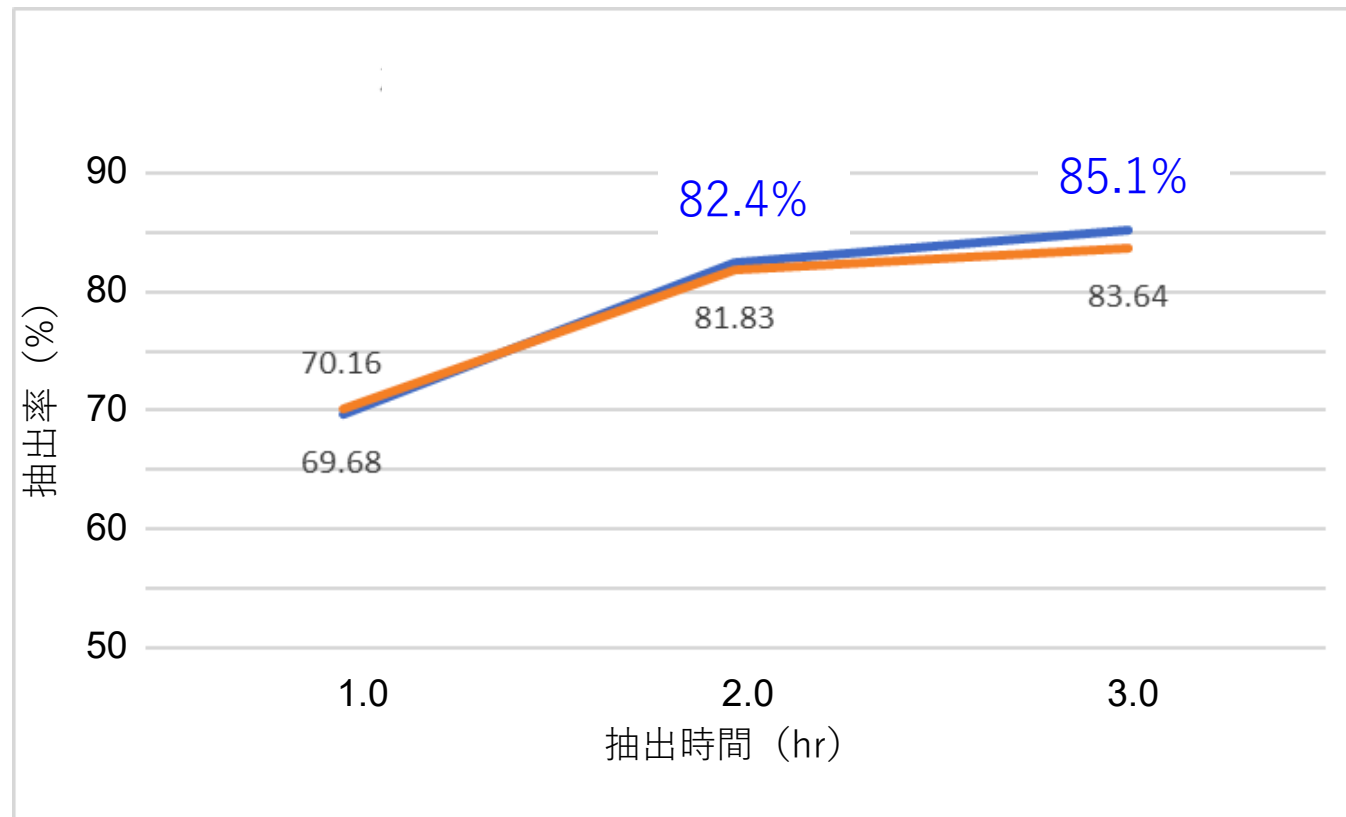


板海苔を金網に乗せて純水中に浸漬

海苔細片がほぐれずに乾海苔形状を維持している
その後の水切り（抽出溶媒の分離）が非常に容易

実験 4 : 抽出方法の検討ー乾海苔をそのまま純水に浸漬

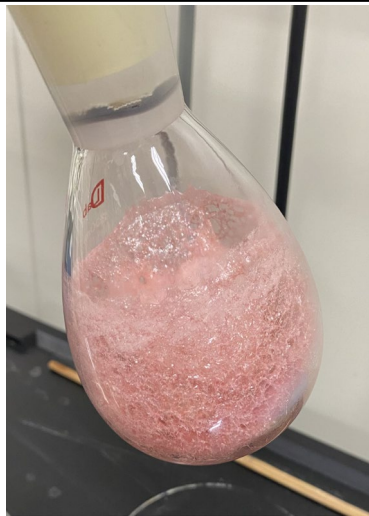


板海苔 3 枚を重ねて金網に載せ 5 °C の純水に浸漬



抽出溶媒（純水）の回収率：90 %
イソフロリドシドの収率：76 %

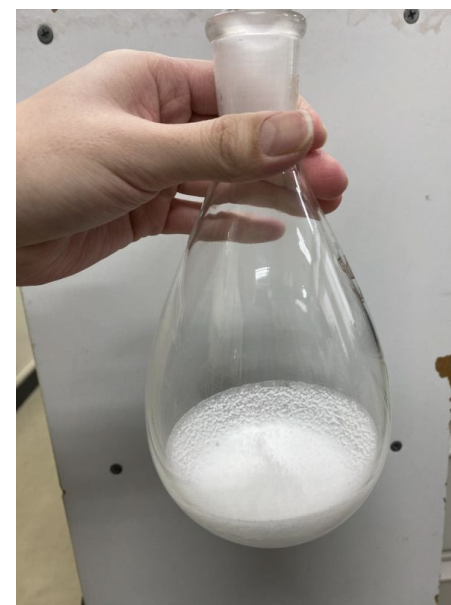
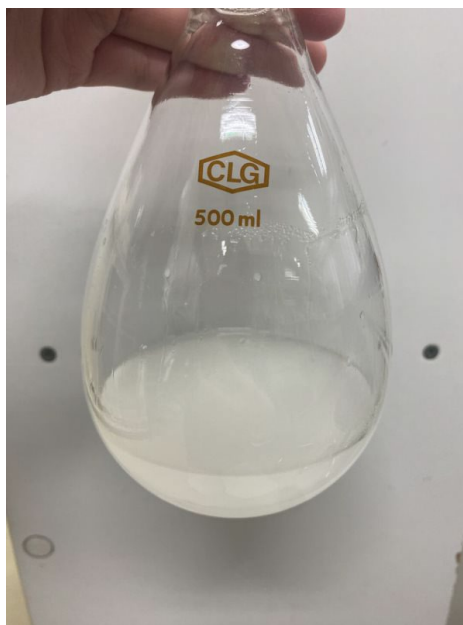
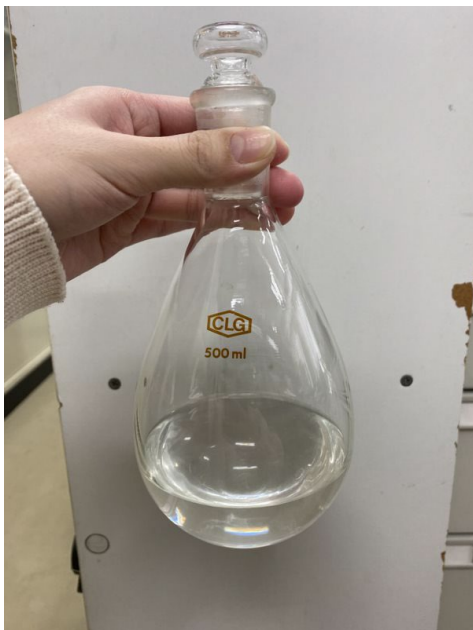
実験 5 : 抽出精製過程-1 (抽出, イオン交換, 限外濾過)

抽出 → イオン交換 → 限外濾過 → 結晶化

	粗抽出液	イオン交換後	限外濾過後
凍結乾燥物			
収量	2.316 g	1.397 g	1.207 g
純度	49.5%	81.3%	98.1 %

実験 6 : 抽出精製過程-2 (結晶化)

抽出 → イオン交換 → 限外濾過 → 結晶化



結晶化によりイソフロリドシドの含有比率が増加
結晶化前 81.2% → 結晶化後 86.2%

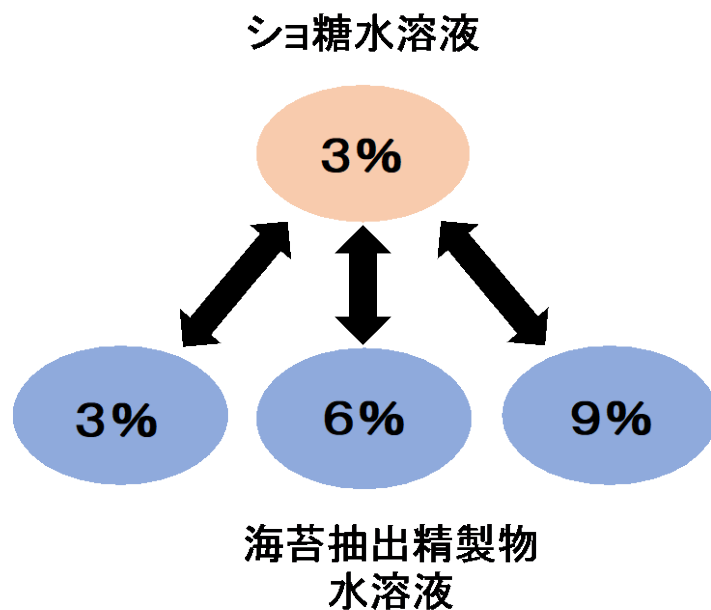
実験7：イソフロリドシドの官能評価（甘味度の評価）

● 方法

シヨ糖水溶液 3%
精製物水溶液 3, 6, 9%

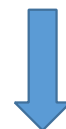
飲み比べ、甘味が強い方を選択

● パネル数：6人



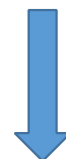
● 結果

海苔抽出精製物 6% \doteq シヨ糖 3%



精製物中の
イソフロリドシド含量：86.2%

イソフロリドシド濃度
5.2%



甘味度：甘味料の甘さの指標
シヨ糖の甘さを1とした
ときの相対値

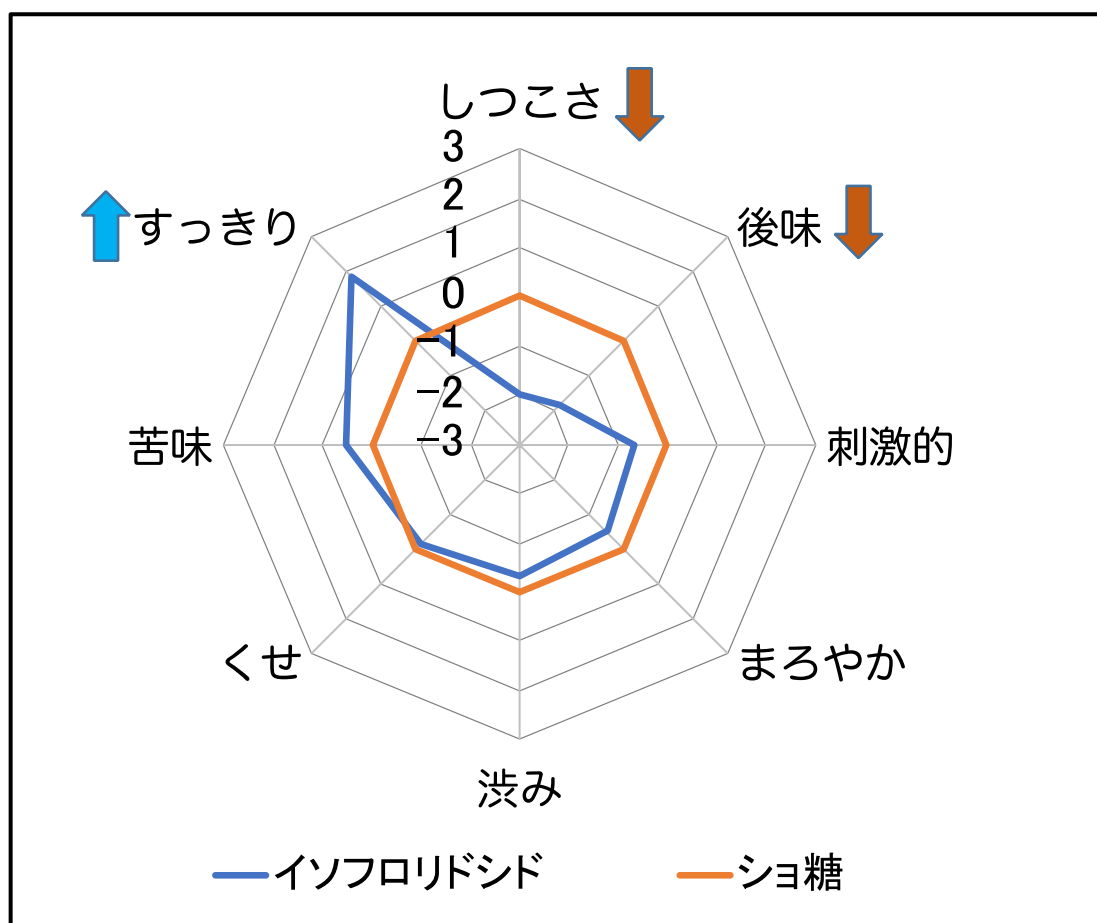
$3 / 5.17 \doteq 0.58$

イソフロリドシドの甘味度
0.58

	既存甘味料 甘味度	価格
キシリトール	0.6~1	
アスパルテーム	200	6~7千円
アセスルファムK	200	5~10千円
スクラロース	600	30~40千円

実験 8 : イソフロリドシドの官能評価 (甘味質の評価)

ショ糖水溶液を基準にイソフロリドシド水溶液の甘味質を評価



イソフロリドシドの甘味の特徴

- すっきり感が強く、爽やかな甘味
- しつこさや後味が弱く、口の中に残りにくい

すっきりとした爽やかな甘味
しつこさや後味には乏しい

背景 2

イソフロリドシドはヒトには消化吸収されないプレバイオティクスであることが報告されている。

イソフロリドシドはすっきりとした甘味を呈することを確認した。

甘味物質は消化管表面の受容体と結合し消化管ホルモン・インクレチンの分泌を促す。

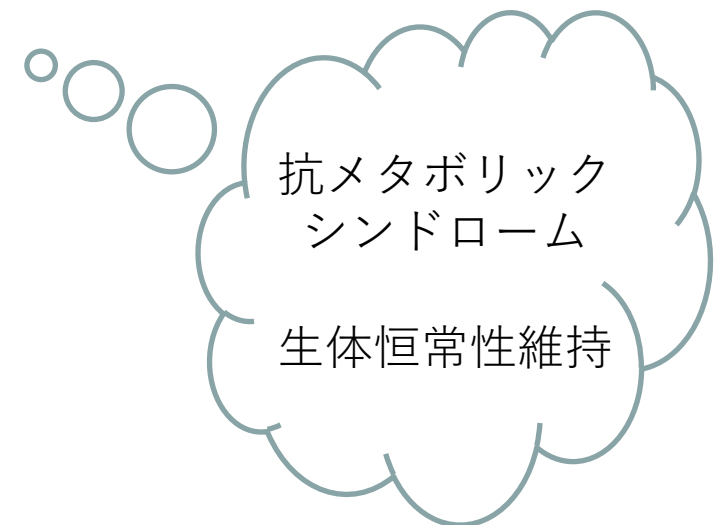
背景 3

消化管ホルモン・インクレチンの機能

胃：腸への食べものの排出を遅らせ、食後高血糖になることを抑制する。

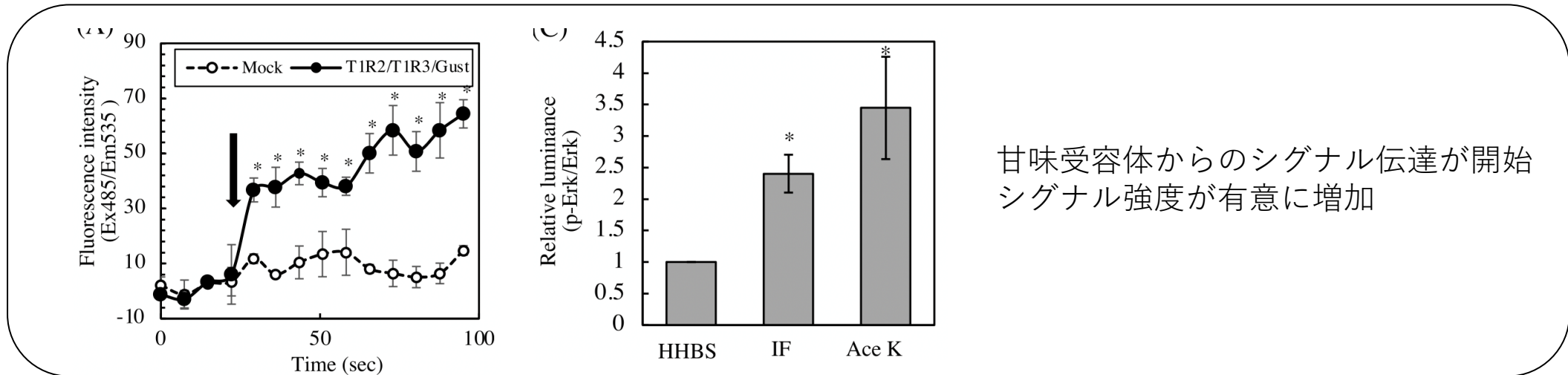
膵臓：インスリンの分泌を促進し、グルカゴンの分泌を抑制することにより、血糖値を低下させる。

脳・中枢神経系：食欲を抑制する。

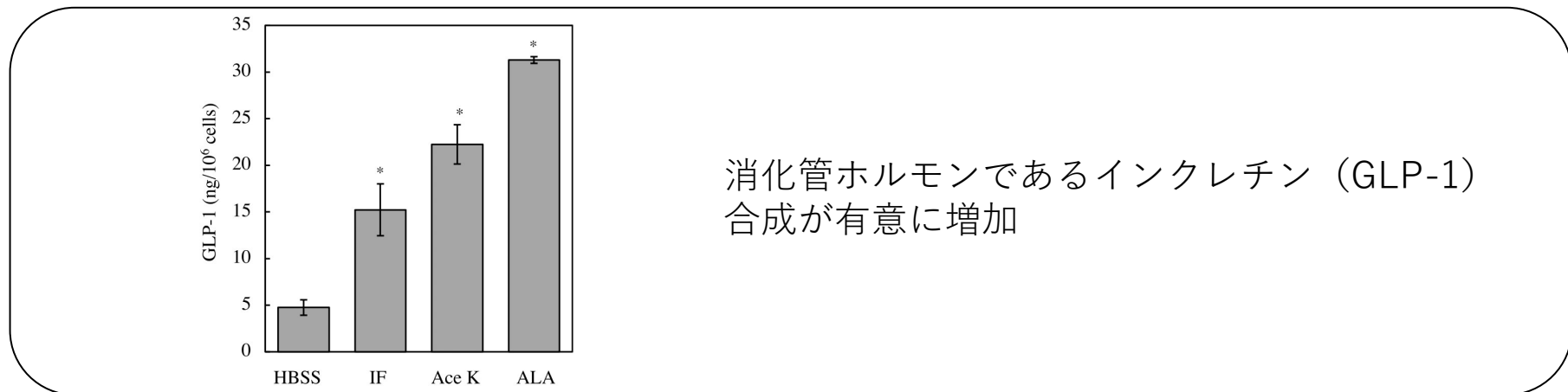


実験9：イソフロリドシドによるヒト甘味受容体との相互作用

ヒト内分泌L細胞に甘味受容体（T1R2/T1R3）を発現
イソフロリドシドを添加



甘味受容体からのシグナル伝達が始まる
シグナル強度が有意に増加

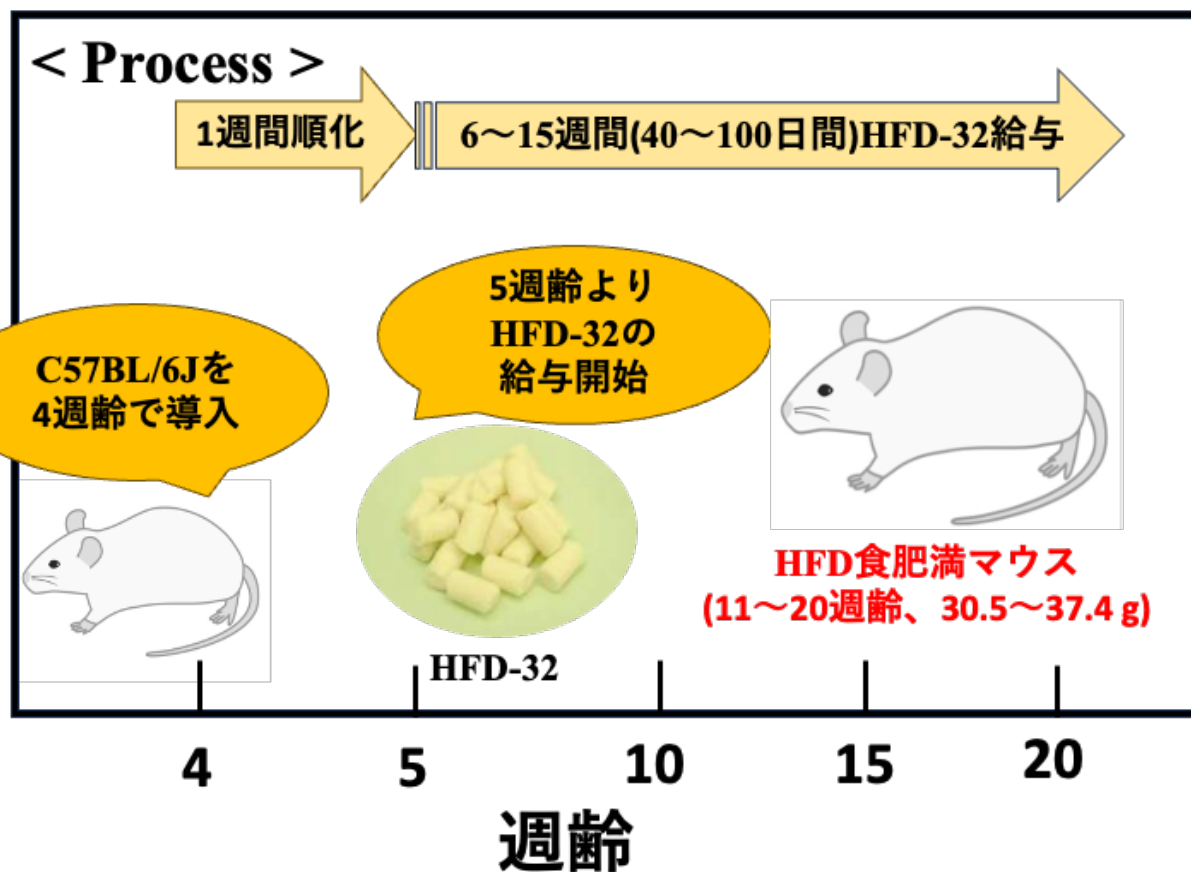


消化管ホルモンであるインクレチン（GLP-1）
合成が有意に増加

イソフロリドシドによってインクレチンが産生されることを細胞レベルで確認

Akishino, Hama, Mitsutake *et al.*, Red algae-derived isofloridoside activates the sweet taste receptor T1R2/ T1R3. *Food Bioscience*, **50** (2022) 102186

実験10：イソフロリドシドによる食欲抑制



高脂肪食を与えて肥満マウスを作成
(6~15週間、高脂肪食を給与)



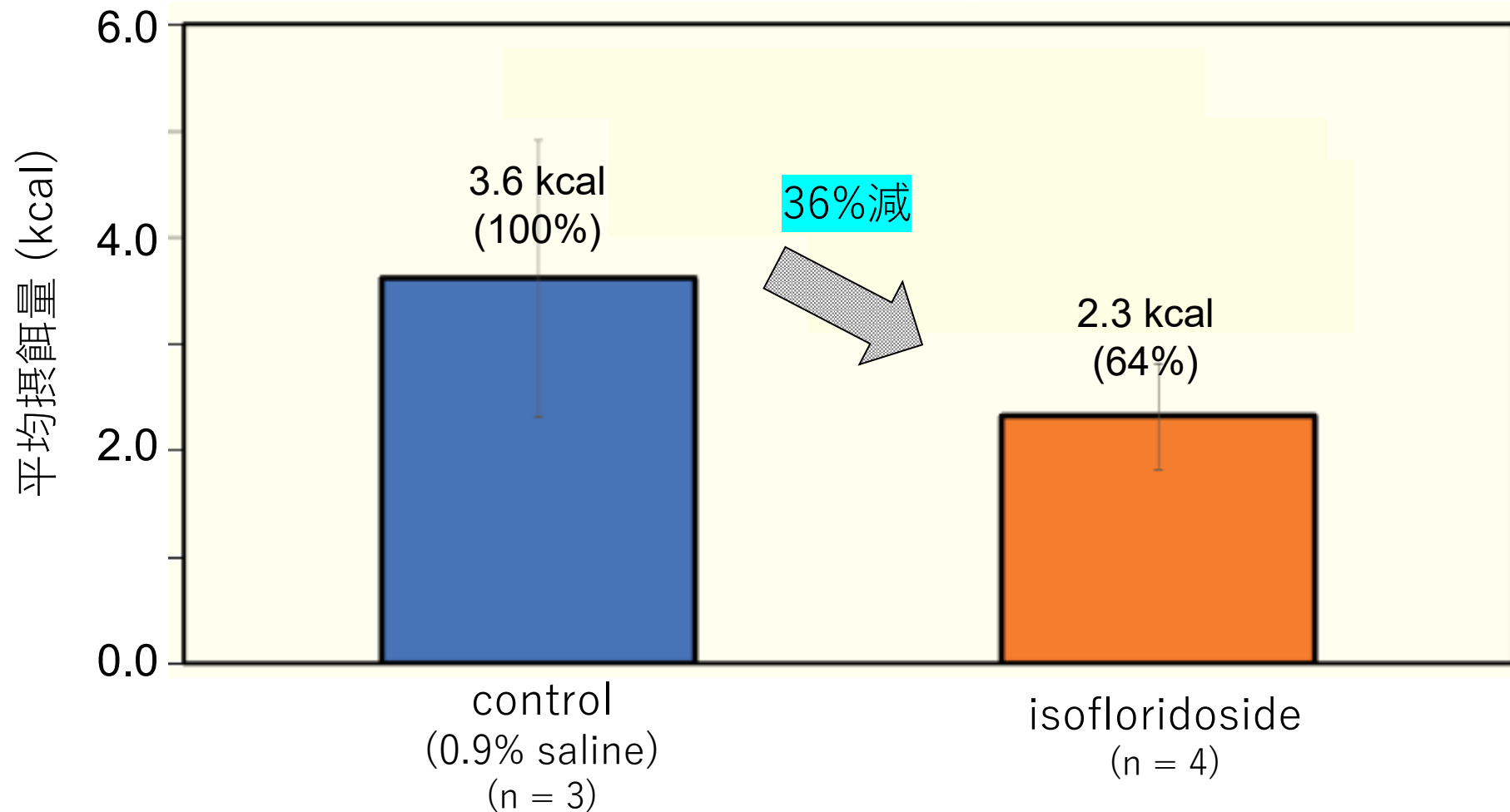
3時間絶食後、強制経口投与
イソフロリドシド群：
20%イソフロリドシド水溶液
(2 g/10 ml/kg-体重)
コントロール群: 0.9% 生理食塩水
投与量：10 ml/kg-体重



投与後4時間および16時間での
摂餌量を測定

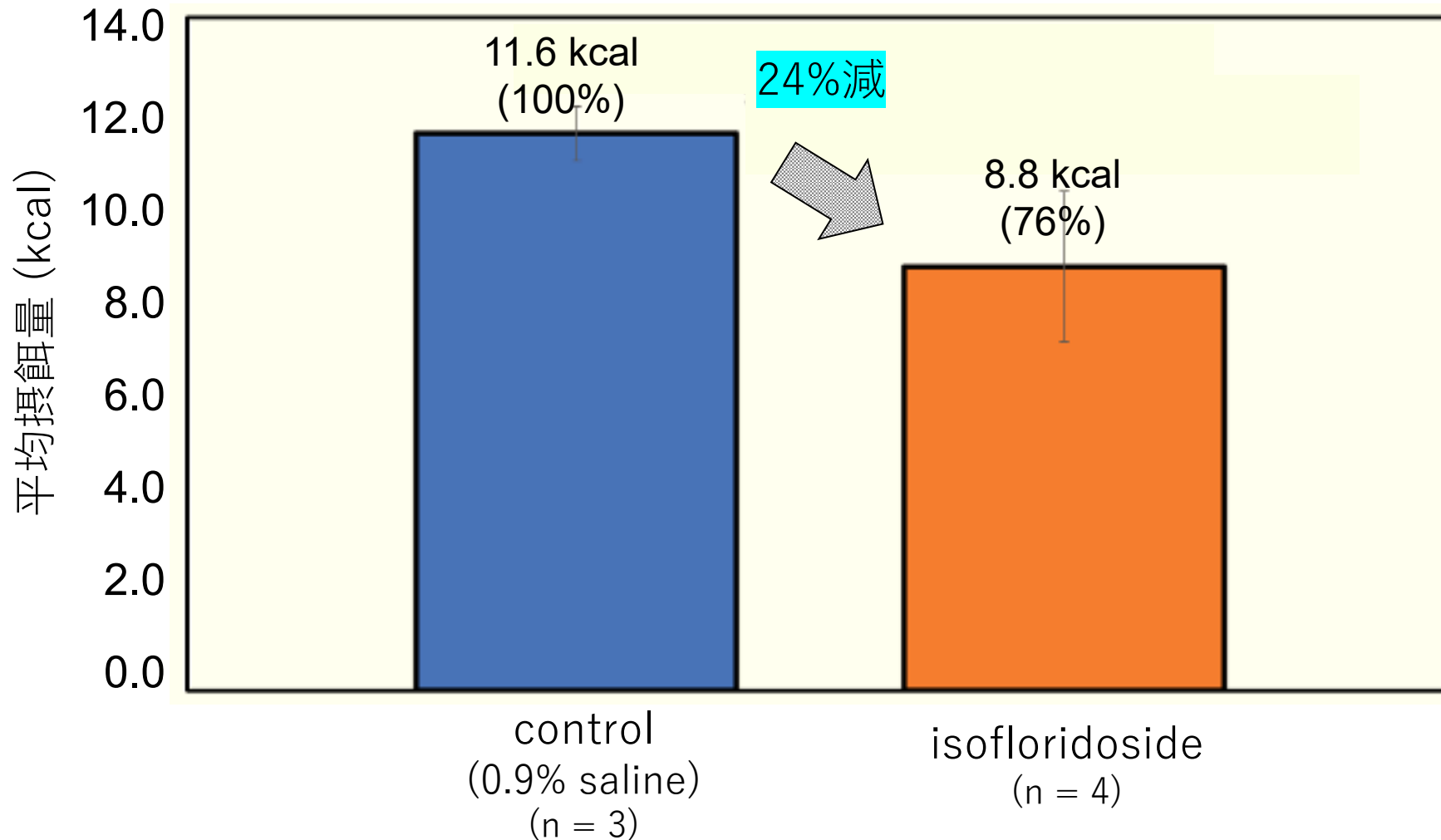
実験10：イソフロリドシドによる食欲抑制

イソフロリドシド投与後4時間の摂餌量



実験 10 : イソフロリドシドによる食欲抑制

イソフロリドシド投与後 16 時間の摂餌量



イソフロリドシド投与によりマウスの食欲は抑制された
(4 時間 : 64% に減少, 16 時間 : 76% に減少)

実験 1 1 : う蝕 (虫歯) 原因菌によるイソフロリドシドの利用

イソフロリドシドの炭素源としての利用性 (最小培地による生育評価)

SDM培地、37°C、5%CO₂、2日間培養

○ : 生育アリ (目視により濁りアリ)
x : 生育ナシ (目視により濁りナシ)
n. t. : Not tested

口腔内細菌		none	D-glucose (%)	D-galactose (%)			
			0.13	0.13	0.25	0.50	1.00
<i>S. mutans</i> UA159	う蝕原因菌	x	○	○	○	○	○
<i>S. sorbrinus</i> 6715	う蝕原因菌	x	○	○	○	○	○
<i>S. gordonii</i> DL1	口腔常在菌	x	○	x	x	x	x
<i>S. mitis</i> 6249	口腔常在菌	x	○	○	○	○	○
<i>S. salvarius</i> 9759	口腔常在菌	x	○	○	○	○	○
<i>S. sanguinis</i> 10556	口腔常在菌	x	x	○	○	○	○

口腔内細菌		isofloridoside (%)						
		0.13	0.25	0.50	1.00	2.50	5.00	7.50
<i>S. mutans</i> UA159	う蝕原因菌	x	x	x	x	x	x	x
<i>S. sorbrinus</i> 6715	う蝕原因菌	x	x	x	x	n. t.	n. t.	n. t.
<i>S. gordonii</i> DL1	口腔常在菌	x	x	x	x	n. t.	n. t.	n. t.
<i>S. mitis</i> 6249	口腔常在菌	x	x	x	x	n. t.	n. t.	n. t.
<i>S. salvarius</i> 9759	口腔常在菌	x	x	x	x	n. t.	n. t.	n. t.
<i>S. sanguinis</i> 10556	口腔常在菌	x	x	x	x	n. t.	n. t.	n. t.

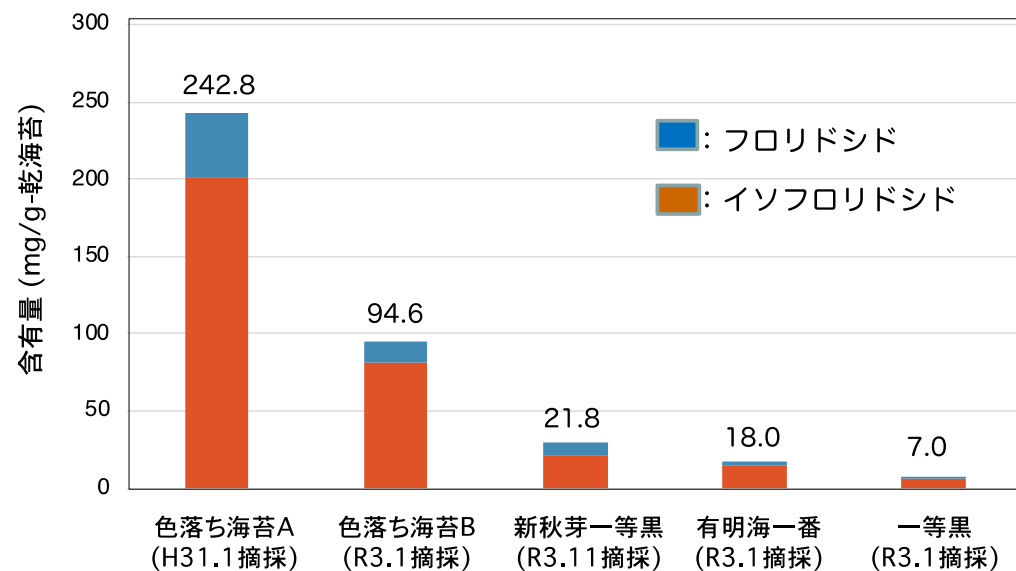
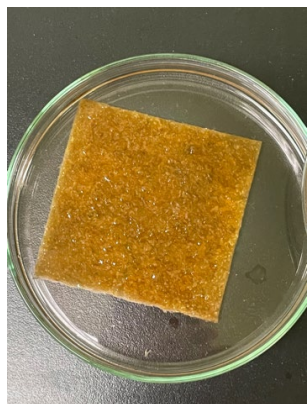
う蝕原因菌 *S. mutans* を含む、口腔常在 *Streptococcus* 属細菌はイソフロリドシドを炭素源として利用できない

総括 1

紅藻特有の単糖類であるイソフロリドシドは

乾海苔を水に浸漬することにより，低温，短時間で容易に抽出できる。

低品質の海苔ほど含有量が高いので，資源の有効利用，環境負荷低減が期待できる。



総括 2

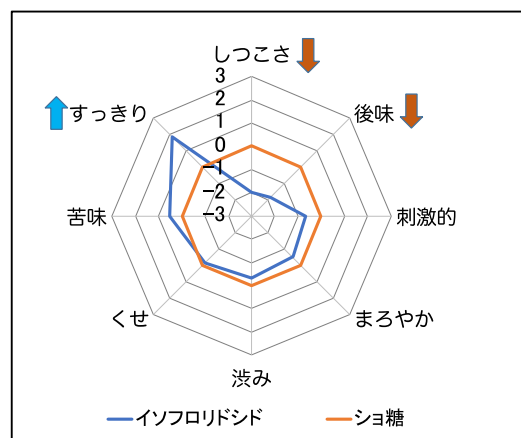
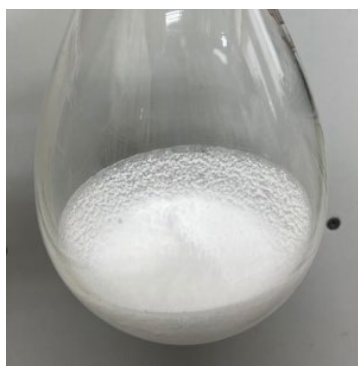
紅藻特有の単糖類であるイソフロリドシドは

爽やかな甘味を呈する。

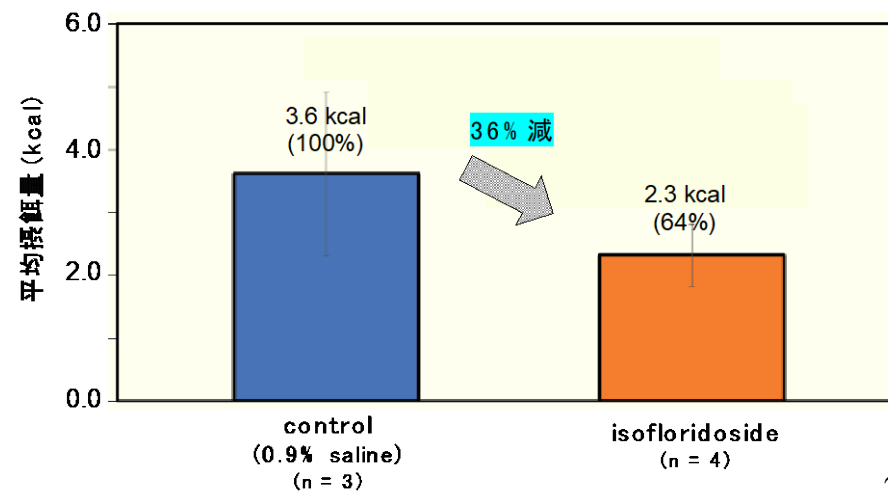
う蝕原因菌によって利用されない。

甘味受容体を刺激しインクレチン分泌を促す。

マウスの食欲を抑制する。



イソフロリドシド 投与後4 時間の摂餌量



イソフロリドシドの利用：想定される用途

イソフロリドシドはゼロカロリーの機能性天然甘味料としての活用が期待できる

抗メタボ，抗肥満，生体恒常性維持

糖尿病食の血糖値を上げない甘味料

虫歯原因菌に利用されない甘味料

メイラード反応の対象にならない
(加熱しても褐変しない)

甘味料
世界市場規模

人口甘味料
67.8億米ドル (2020年)

天然甘味料
29億米ドル (2021年)
(9.2億米ドル：キシリトール)

※キシリトールのカロリーはショ糖の40%

人工甘味料のデメリット

食欲を刺激し，食事摂取量を増やす

腸内環境を悪化させる (腸内菌叢を乱す)

人工甘味料は，腸内細菌叢を変化させる
ことにより，ヒト耐糖能を低下させる

Suez *et al.*, *Cell*, **185**, 3307–3328

September 1, 2022

企業への期待：実用化に向けた課題

ラージスケールでのイソフロリドシドの抽出，精製

イソフロリドシドの特徴を活かした商品開発

イソフロリドシドの機能性についての研究

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：機能性食品用組成物および糖類抽出方法
- 出願番号：特願 2023-72532
- 出願人：国立大学法人 佐賀大学
- 発明者：濱 洋一郎

お問い合わせ先

佐賀大学

リージョナル・イノベーションセンター

T E L : 0952 - 28 - 8961

F A X : 0952 - 28 - 8726

e-mail : ura-team@mail.admin.saga-u.ac.jp