

各種甘味料のカスタードプディングにおける 使用量と卵濃度の検討

石井克枝¹⁾ 岩田重貴子²⁾

¹⁾千葉大学・教育学部 ²⁾千葉大学・教育学部学部生, 現東京都小学校教員

Concentration of various sweetenings and egg in custard pudding

Katsue ISHII¹⁾ Akiko IWATA²⁾

¹⁾Faculty of Education, Chiba University, Japan ²⁾Faculty of Education, Chiba University, Japan; student,

カスタードプディングにおける各種甘味料の使用量と卵濃度を検討し, 適正な使用甘味度を求めることを目的とした。使用した甘味料は砂糖, エリスリトール, ソルビトール, ステビア, フラクトオリゴ糖, 水あめ, シュガーカットの7種類とした。卵液は卵:牛乳1:2, 砂糖濃度9%を基本とした。カスタードプディングのゲルの硬さ・破断力(カードメーター)等を調べ, 官能検査により外観, 食味等を砂糖と比較した。その結果, エリスリトールの甘味度は0.4~0.6, ソルビトールの甘味度は0.6が適当であったがゲルは軟らかかった。ステビアの甘味度は100が適当であるがゲルは硬かった。フラクトオリゴ糖のゲルは軟らかかった。水あめのゲルは軟らかく甘味度は0.38が適当であった。シュガーカットの甘味度は1.65が適当であるが, ゲルは若干硬かった。

キーワード: カスタードプディング (custard pudding) ・甘味料 (sweetening) ・甘味 (sweetness) ・卵濃度 (egg concentration) ・ゲルの硬さ (hardness of gel)

1 緒 言

甘味料としての砂糖は, 食べものに嗜好性を与え, 食生活に豊かさ, 潤い, 楽しさをもたらしてきた。他にも甘味を有する糖質が自然界に存在するが, 分解や合成という手を加えずに, 砂糖のような原料植物中に存在する蔗糖を抽出, 単離してつくられる甘味料は他に見当たらない¹⁾といわれている。

一方, 砂糖は体内で分解されエネルギーとなる。生活習慣病などでは, エネルギーとなる物質の摂取のコントロールが必要になり, 新甘味料は砂糖に代わるものとして開発され, 主に糖の摂取制限のある人にとって有益な食品となった。また現代においては, ダイエット志向から砂糖に対する制限志向が高まっていき, 砂糖にかわる新甘味料の開発に拍車がかけられた。この新甘味料とは, 主に糖アルコール, オリゴ糖, 天然・人工甘味料のことで, 「低カロリー」「虫歯になりにくい」「インスリン分泌非刺激性」などの機能を持っているのが一般的な特徴である。そのなかで特に市場ニーズが大きく, 消費者の認知が高いのが「低カロリー」機能である。

新甘味料の調理上の性質については, スポンジケーキの膨化²⁾, プラマンジェのテクスチャー³⁾, ジャムの性状に及ぼす影響⁴⁾, 焼き菓子類への影響^{5), 6), 7)}などがある。そこで本研究では, 砂糖の影響を受けやすい卵調理のカスタードプディングを対象に新甘味料の影響みた。カスタードプディングにおいて砂糖はゲルを軟らかく, なめらかにし, すだちが出来にくいなど様々な効果があり,

砂糖の役割は大きい。そこで加熱調理に適応する新甘味料を砂糖に代替した際のカスタードプディングの食味と性状を検討し, 新甘味料利用の可能性をみることを目的とする。

2 方 法

(1) 試料調製

- 1) 試料: 甘味料として用いたものは以下の6種類とした。すなわち糖質系の糖アルコールとして, エリスリトール(日研化学株式会社製), ソルビトール(D型, 和光純薬株式会社製), オリゴ糖として, フラクトオリゴ糖(日本オリゴ糖株式会社製), でんぷんを原料として製造された糖類として水あめ(株式会社 スドー・ジャム製), 非糖質系の天然甘味料としてステビア(食品添加物: クリサンタ 99-P大日本インキ株式会社製), 市販品のシュガーカット(株式会社浅田飴製)を用いた。砂糖は上白糖を用いた。
- 2) カスタードプディングの調製法: 卵と牛乳の割合は2:1とし, 卵白と卵黄の割合は67%と33%とし, 砂糖の割合は9%とした。甘味料の使用量は砂糖を基準とし, 甘味度を勘案して砂糖の使用量に対応させた(表1)。加熱方法は蒸し加熱とし, 85±2℃で15分間とした。加熱後流水で15分間冷却し, 測定に供した。

(2) 測定方法

- 1) 硬さ, 破断力の測定 試料の硬さ, 破断力はカードメーター(飯尾電気株式会社 301A)を用いて測定した。試料はプリン型に入れた状態で測定し, 錘は200g, 感圧軸は直径10mmを用いた。

連絡先著者:

表1 材料の配合比率（分量…全体で100gになるように設定したもの）

種類	標準甘味度	使用甘味度	卵液*（g）	糖量（g）
砂糖9%（基準）	1	1	91	9
エリスリトール	0.8	0.8	88.7	11.3
ソルビトール	0.6	0.6	85	15
フラクトオリゴ糖	0.4~0.6	0.45	80	20
ステビア	300	100	10	0.09
水あめ	0.5	0.5	82	18
シュガーカット	1.5	1.65	94.5	5.5

*牛乳：卵＝2：1とし、卵は卵黄33%、卵白67%に調製した。

2) 歪み率 型に入った状態の試料の高さ（a）と、型から出して2分後の高さ（b）を測定し、その比率（ $b/a \times 100$ ）を歪み率とした。

3) 離水率 ろ紙（直径90mm-5A）1枚を敷いた小皿に試料を出し、1分後に4分割してピーカーをかぶせ、60分後の離水量を測定した。その試料の重量に対する離水量の比率とした。

4) 色 簡易色差計（日本電色工業株式会社 BP-1）を用い、固体セルにカスタードプディングを詰め、L、a、bを測定し、砂糖との色の差 ΔE を計算により求めた。

5) 官能検査 砂糖のカスタードプディングを基準とし、各種甘味料のカスタードプディングのそれぞれを、1対とし、2点嗜好識別試験法変法を用いて7段階で評価した。官能検査項目は色、つや、硬さ、甘味、濃厚さ、持続性、苦味、総合評価である。パネルは千葉大学教育学部生34人（女30人、男4人）とした。検定はt検定を用い、5%以下の危険率の場合有意差があるとした。

3 結果および考察

(1) 破断力と硬さ

ゲルの破断力と硬さについてカードメーターによる測定結果を図1に示した。

硬さと破断力では砂糖より値が大きいのは、ステビア、シュガーカット、エリスリトール、ソルビトールの順で硬い結果となった。また砂糖より値が小さく軟らかいのは水あめ、フラクトオリゴ糖であった。硬さはソルビトールが砂糖より軟らかくなり、破断力の場合と異なった。つまりシュガーカットとステビアは砂糖よりかなり硬く、ソルビトール、水あめ、フラクトオリゴ糖は砂糖よりかなり軟らかいということである。硬さの違いがでた1つの要因として糖量が挙げられる。ステビアは砂糖の100~300倍の甘味度があり、100g中に入れるステビアの量は0.09gと微量である。したがって卵液の量が多いため硬いプディングができた。またシュガーカットも砂糖の半分量で同等の甘さを出すことができるので、これも同様に硬いプディングができた。

一方水あめやソルビトール、フラクトオリゴ糖は砂糖より甘味度が低いため使用量が多いことが一つの要因となる。しかし、使用量がそのまま硬さに比例するとは限らず、たとえばシュガーカットはステビアの硬さと同じ

ぐらいであるが、使用量は約55倍であり、シュガーカットに含まれる食物繊維含有還元水飴がこのことに関係していると考えられる。

(2) 歪み率

歪み率を図2に示した。歪み率が大きいのは型を維持できないことを示している。砂糖の12.92より高い数値を示したのはフラクトオリゴ糖のみでそれ以外は低い数

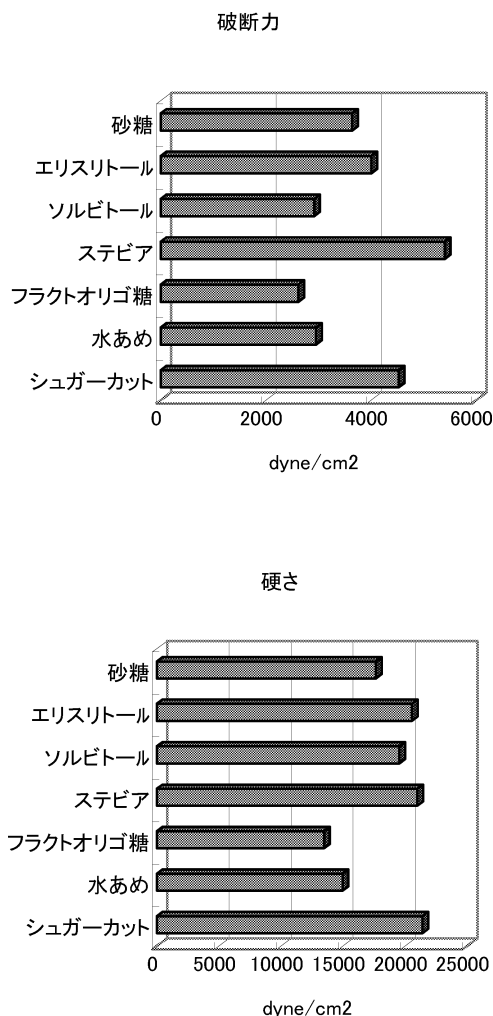


図1 各種甘味料プディングの破断力と硬さ

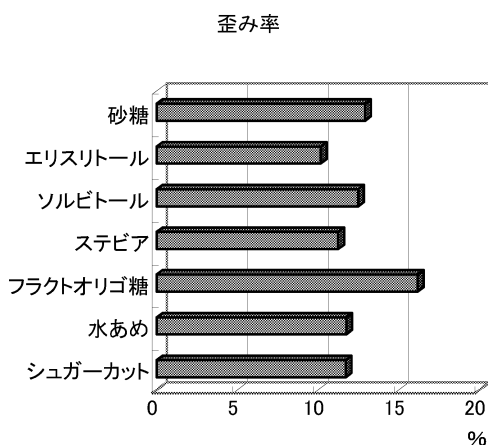


図2 歪み率

値となった。歪み率が16.18%と高値のフラクトオリゴ糖は、型から出したときにそのままの形を保つことができず、上から少し押されたようになって末広がりになる。エリスリトールは10.17%で一番歪み率が低く、型から出してもその形を保っていた。

(3) 離水率

離水率を図3に示した。6種類の新甘味料全てが砂糖より高い数値を示していた。すなわち、新甘味料は砂糖より保水性が劣っていた。特にフラクトオリゴ糖は2.51%で離水率が他に比べてかなり高かった。

(4) 色

表2には、各種カスタードプディングの色の測定結果を示した。L値は明度を表し、数値が高くなるほど白っぽくなる。ステビア、シュガーカットが高く、白っぽく、また逆に水あめ、フラクトオリゴ糖は低く、色が濃いことがわかる。エリスリトール、ソルビトールはほぼ砂糖と同様の結果を示した。

a値はプラスで赤みを示し、マイナス方向では緑がかってくすんでいく。つまりソルビトールが一番くすんでいることがわかる。しかし全体的にあまり差はなかった。

b値はプラスで黄味がかり、マイナスになると青みを帯びてくる。ステビア、シュガーカットは黄色がからない低い数値であったが、その他はあまり差がなく、砂糖が一番黄色が強い結果となった。

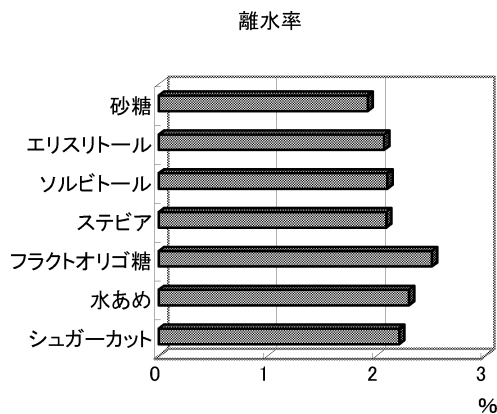


図3 離水率

表2 各種甘味料のカスタードプディングの色調・色差

	L	a	b	ΔE
砂糖	78.8	-3.7	19.0	-
エリスリトール	78.7	-3.4	18.5	0.59
ソルビトール	78.2	-3.9	18.9	0.64
ステビア	80.5	-3.3	18.0	1.99
フラクトオリゴ糖	77.6	-3.8	18.6	1.26
水あめ	77.6	-3.8	18.8	1.18
シュガーカット	79.9	-3.6	18.3	1.35

L, a, bは測定値である。

ΔE値は砂糖との色差を示したものである。色差が最も大きいのは明度が高く黄色がかっていないステビアであった。またシュガーカットもステビアと似た傾向にあった。続いてフラクトオリゴ糖、水あめであり、エリスリトール、ソルビトールは砂糖との差がわずかであった。

(5) 官能検査

砂糖を基準にしてそれぞれのカスタードプディングの評点を示した(図4)。すべての項目において有意差が認められなかったのはシュガーカットであった。評価項目に有意差が認められたのは、エリスリトールでは甘味が少なく、ソルビトールでは軟らかく、ステビアでは色が白っぽく、フラクトオリゴ糖では軟らかく、水あめでは硬さと甘味が少ないという評価であった。硬さについては機器測定の結果のソルビトール、フラクトオリゴ糖と水あめの低い値が官能検査に対応していた。ステビアは官能検査では硬いという傾向はあったが、有意差はなかった。総合評価ではエリスリトール、ステビア、水あめが低かった。フラクトオリゴ糖は軟らかいという評価であったが、総合評価では有意差がなかった。

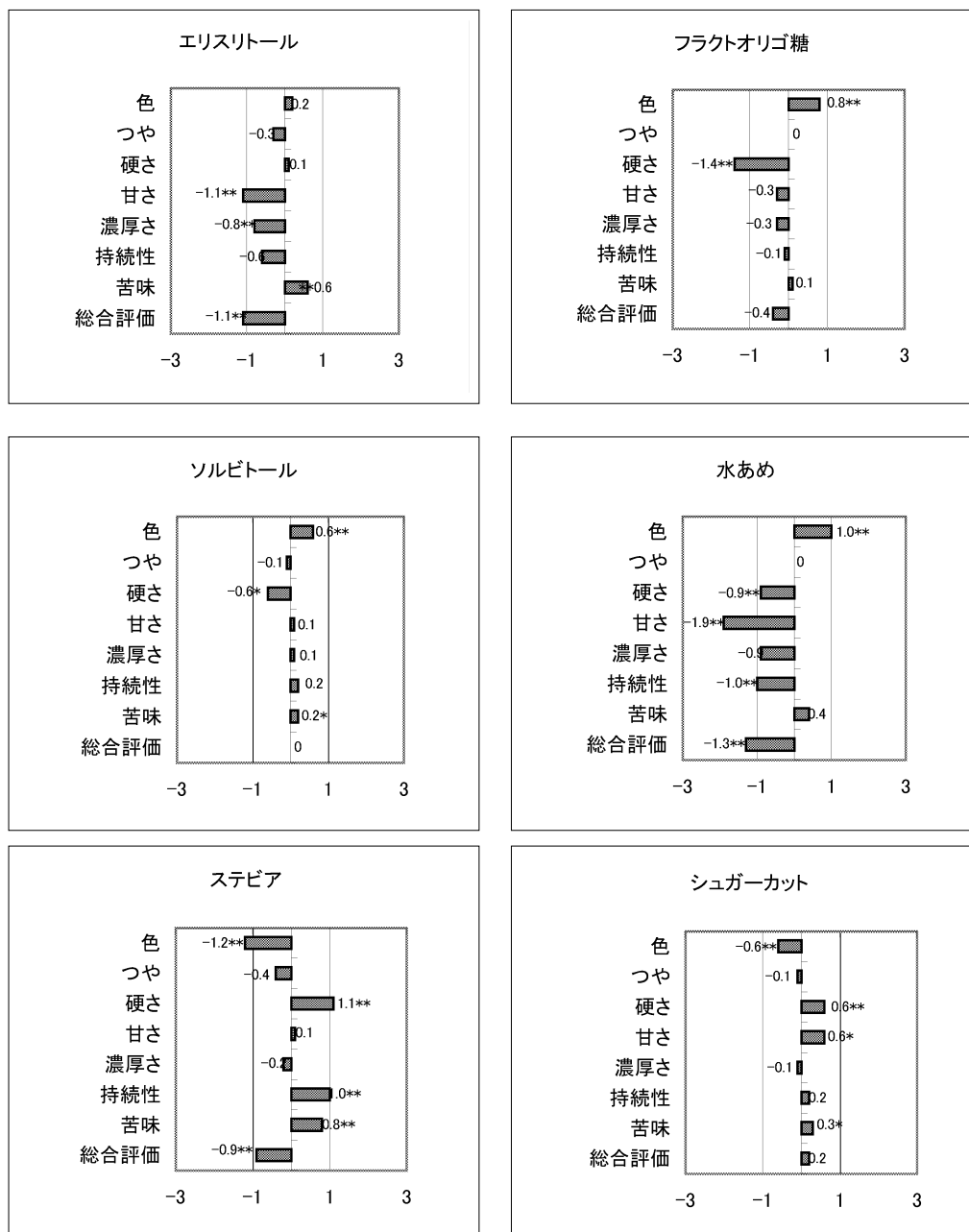
以上の結果、シュガーカットは甘味度に合わせた使用量で砂糖のプディングに近い評価が得られた。官能検査において総合評価で砂糖に比べて低い評価のもののうち改善の余地があるものについて次に検討した。すなわち、エリスリトールの甘味、ソルビトール、フラクトオリゴ糖、水あめの硬さである。

(6) 改善点についての検討

水あめ、フラクトオリゴ糖、ソルビトールは硬さを改善するため、卵液の卵と牛乳の割合を1:1.5にして検討した。また、水あめとエリスリトールは甘味改善のために使用量を3段階に設定して検討した。

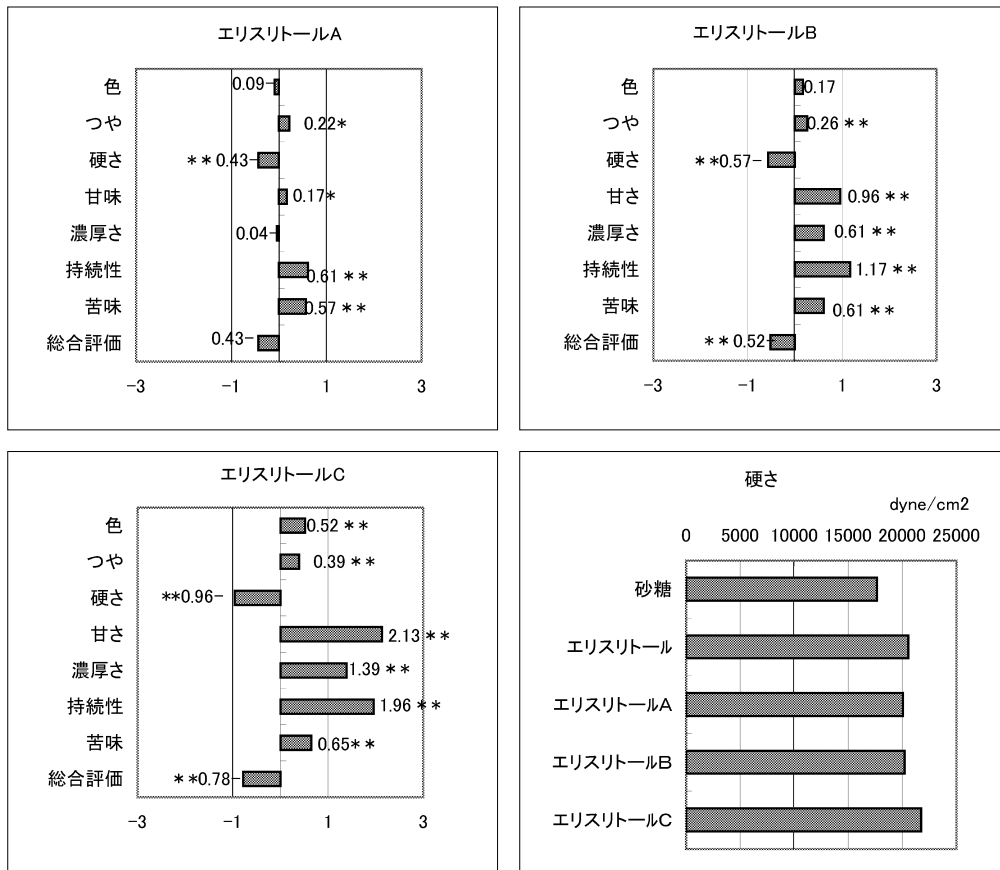
〈エリスリトール〉はA:15%, B:18%, C:22.5%の3段階にした。エリスリトールの官能検査の結果を図5に示した。その結果、甘味は使用量15%のもので砂糖よりも甘いと評価され、硬さはすべて砂糖よりやわらかいと評価された。濃厚さはBとCで砂糖より高い数値だった。苦味はA, B, Cともに同じ程度に苦味があった。総合評価ではAからCにいくにつれて低い評価になり、最初のエリスリトール総合評価は-1.1であり多少は改善されたといえよう。A, B, Cの中での好みについて調査した結果A(13人)とC(11人)とほぼ同数で、甘味の嗜好により評価は分かれたが、Aの方がより砂糖に近いと考えられる。

〈水あめ〉は甘味が少ないこととゲルがやわらかいという評価の改善のために、水あめの使用量をA:21%, B:22.5%, C:23.75%と多くすることと卵と牛乳の割合を1:1.5と卵の量を多くした。それを砂糖とそれぞれ比較した官能検査の結果とカードメーターによる硬さを図6に示した。硬さは水あめA~C全てにおいて有意差なく砂糖と変わらない評価であったがカードメーターによる硬さの程度は若干A~Cの方が硬かった。しかし、甘味の評価は低かった。図4の最初の配合比では甘味-1.9 ($p<0.01$)であったので多少は改善され



*;p<0.05, **;p<0.01

図4 各種甘味料プディングの官能検査結果



*;p<0.05、**;p<0.01

図5 エリスリトール改善後の官能検査と硬さ

たといえる。甘味が少ないため濃厚さ、持続性も低かった。総合評価ではA、Bが多少低いもののCは0.04で砂糖とはほぼ同等の評価であった。ABCの3種類の中での嗜好は水あめCが86%と圧倒的に好ましいと評価された。

〈ソルビトール〉はやわらかいという評価であったので卵液の配合比率を変え、卵と牛乳の割合を1：1.5と卵を多くした。その結果図7に示したように、官能検査では色は砂糖よりかなり濃い評価であった。硬さは0.57となり、図4の最初の配合比では硬さは-0.6であったので硬さはかなり改善された。カードメーターによる硬さも大きくなっている。しかし硬さが増した分、甘味は-0.35と少なくなり総合評価は若干マイナス傾向であり、最初の配合比のままか、あるいはソルビトールの使用量を増やし、ゲルの硬さを軟化させ、甘味を増加させるとさらによいと考えられる。

〈フラクトオリゴ糖〉は軟らかすぎるという評価の改善のために、配合比率を変え、卵と牛乳の割合を1：1.5にした。その結果、図8に示すように硬さの評価は-0.3となり改善された。しかし、甘味は-1.4と低い評価となり、総合評価でも-0.96と低くなった。卵液の配合比率を変えて硬さが増したためにフラクトオリゴ糖の使用量は同じでも甘味の感じ方は弱くなり、総合評価に影響したと考えられる。更なる改善のためには、フラクトオリゴ糖の使用量を増加することが必要と考えられる。

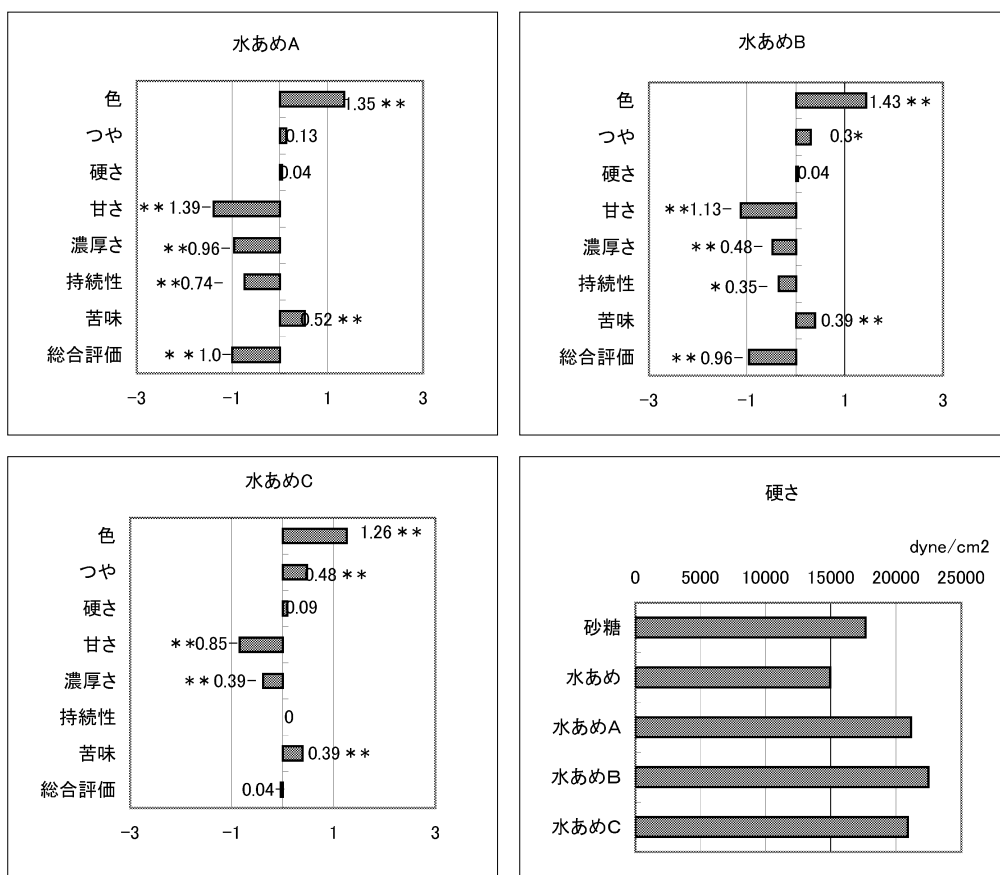
4. まとめ

カスタードプディングについて各種甘味料を利用する場合の甘味料の使用量と卵と牛乳の割合を検討した。

6種類の甘味料としてエリスリトール、ソルビトール、ステビア、フラクトオリゴ糖、水あめ、シュガーカットを文献値の甘味度を用い、カスタードプディングを調製し、その性状を硬さ、歪み率、離水率、色を測定し、外観と食味を官能検査で評価した。

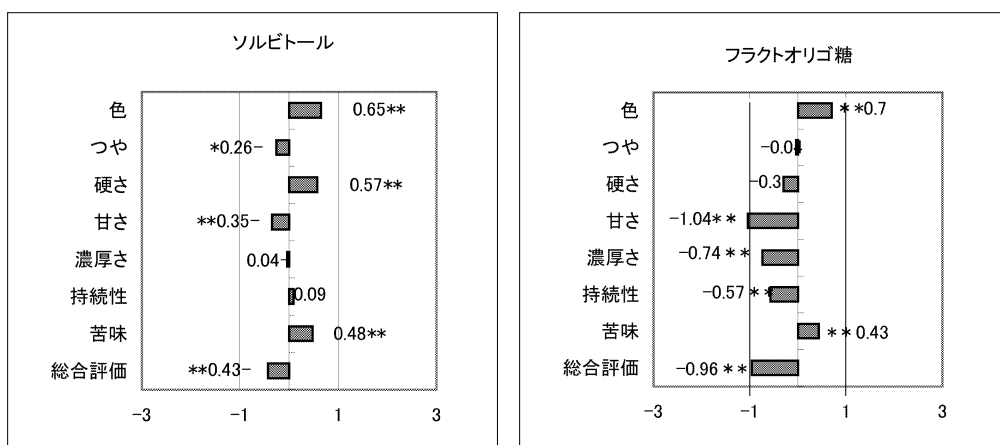
その結果、6種類の甘味料のうち、シュガーカット、ステビアは砂糖よりもゲルを硬くし、ソルビトール、水あめ、フラクトオリゴ糖は砂糖よりゲルを軟らかくした。しかし文献値での甘味度では、カスタードプディングでの甘味が十分でないものもあり、甘味の配合比率を変えゲルの硬さを改善するために卵と牛乳の配合比率を変えてさらに検討した。すなわち、甘味が不足していたエリスリトールと水あめは3段階で増加し、水あめ、ソルビトールおよびフラクトオリゴ糖は卵と牛乳の配合比率を1：1.5にしてゲルの硬さを調整した。官能検査とカードメーターによる硬さの測定の結果、甘味とゲルの硬さにおおよそ満足いくものとなり、表3に示したような配合比となった。

文献値の甘味度は液体によって調査された場合が多いので今回のような卵ゲルにしたときには若干異なることがわかる。しかし、エリスリトールやソルビトールのような糖アルコールは文献値と同じであり、液状になって



*:p<0.05, **:p<0.01

図6 水あめ改善後の官能検査と硬さ



*:p<0.05, **:p<0.01

** :p<0.01

図7 ソルビトールとフラクトオリゴ糖の改善後の官能検査と硬さ

表3 各種甘味料のカスタードプディングにおける甘味度と卵液の濃度

甘味料	甘味度		適する配合割合	
	文献値	プディング使用	100 中の濃度	卵：牛乳
砂糖	1.0	1.0	9%	1：2
エリスリトール	0.8	0.6	15%	1：2
ソルビトール	0.6	0.6	15%	1：2
フラクトオリゴ糖	0.4～0.6	0.45	20%	1：2
水あめ	0.5	0.38	23.9%	1：1.5
ステビア	300	100	0.09%	1：2
シュガーカット	1.5	1.65	5.5%	1：2

いるフラクトオリゴ糖や水あめなどは甘味度が変化することがわかった。

最後に本研究において試料をご提供いただいた日研化学株式会社と大日本インキ株式会社にお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 三木健：砂糖の種類と特性，応用糖質科学，第41巻，第3号，p. 353～360（1994）
- 2) 市川朝子，三ツ村由香里：新糖質甘味料がスポンジケーキの性状に及ぼす影響，日本家政学会誌，Vol. 47，No. 5. 445～452（1996）
- 3) 室田壽子，中野輝子：ブラマンジェの性状に及ぼすキシロオリゴ糖の影響，日本家政学会誌，Vol. 47 No. 9，865～875（1996）
- 4) 寺沢なお子，松浦民恵：ジャムの性状に及ぼす新甘味料の影響，日本家政学会誌，Vol. 50，No. 2 137～145（1990）
- 5) 倉賀野妙子，和田淑子：機能性糖質甘味料の低水分系焼き菓子における膨化と食感発現への関与，日本調理科学会誌，35巻 3号 pp. 258-265（2002）
- 6) 和田淑子，宮川和子：マルチットシラップのクッキーへの利用，調理科学，11巻 4号 pp. 253-260（1978）
- 7) 津田淑江：カップリングシュガーの膨化調理への応用，調理科学，19巻 3号 pp. 193-199（1986）
- 8) 木村友子，加賀谷みえ子，福谷洋子：米粉，そば粉，大豆粉添加並びに甘味料の置換がクレープの性状と嗜好に及ぼす影響，調理科学，22巻 4号 pp. 290-298（1989）