

酵素利用技術とデジタル技術の長崎伝統菓子への適用と新製品開発

電子情報科 専門研究員 小笠原 耕太郎
食品・環境科 主任研究員 玉 屋 圭

長崎の主要なお土産品として、県内全域で多数の菓子製造業者により生菓子が製造・販売されているが、その売り上げは年々減少傾向にあり、商品の付加価値を高めるための特徴的な商品開発が地域産業から求められている。そのためには、本県の豊富な地域資源を活用した素材開発、新規商品及び既存商品を改良した商品を成形する菓子型開発、さらに、味・食感測定技術による商品評価が必要となる。そこで、生菓子業界の伝統的な製造方法に、酵素利用技術とデジタル製造技術を導入し、新たな素材と菓子型の開発、商品評価が行える環境を構築することにより、新規商品開発を推進し菓子業界の活性化を図ることを目的とする。

本研究開発の初年度である平成26年度は、県産地域資源からのエキス抽出を行った。また、デジタル製造技術を活用した菓子型開発システムの確立を図るため、デジタル製造技術を菓子型製作に適用した際の性能試験及び実証試験を行った。

1. 緒言

長崎の地は、江戸時代、シュガーロードの出発地であり、砂糖を利用したお菓子が作られ、現在も、長崎の主要なお土産品となっている。生菓子の製造業者(長崎県菓子工業組合 組合員数268人)は、県内全域で製造販売を行っている。生菓子の売り上げは平成22年で164億円であるが減少傾向にあり、新しい消費者ニーズに対応した新しい商品開発が望まれている。

新商品の開発は、生菓子職人と菓子木型職人のコラボレーションにより実現するが、木型職人は高齢化と廃業、特定地域への集約化が進んでおり、新商品に展開する型製作が困難な状況となっている。また、歴史的背景を持つ生菓子店は多数の木型を保有するが、長年の使用や経年変化による摩耗やひび割れが進み早急な対応が必要となっている。しかし、このような状況では修復は困難で、また保有する型を再利用した新しい商品開発も行えていない。一方、本県の地域資源(ビワ、柑橘などの果実、人参、大豆などの野菜など)を用いた菓子製品の開発に対するニーズは高い。しかしながら、これら県産農産物を加工した素材(ペースト、粉末など)が開発されていないため、県産の地域資源を利用した菓子の開発が進んでいない。

そこで、本研究では、生菓子業界の伝統的な製造方法に、酵素利用技術とデジタル製造技術を導入し、新たな素材と菓子型の開発、商品評価が行える環境を構築することにより、新規商品開発を推進し菓子業界の活性化を図ることとした。

酵素利用技術を用いた新たな菓子素材の開発におい

ては、県産の果物・野菜に適用し、原料の味、風味、色を生かした、新たな菓子づくりに利用できる食品素材(ペースト)の開発を行う。また、デジタル製造技術を用いた菓子製造技術の開発では、三次元スキャン並びに三次元プリンタ技術を用いて、既存型から樹脂型を試作・製造し、保存(修復保存)および利用を試み、さらに、菓子職人が手作業で作成した商品を型化する技術を構築し、新規型による商品開発を行う。

本研究開発の1年目となる平成26年度は、県産地域資源から抽出したエキスの機能性評価とデジタル製造技術を菓子型製作に適用した際の性能試験及び評価を行い、デジタル製造技術を活用した菓子型の開発システムの確立を図った。

2. 実験方法

2.1 県産地域資源から得られたエキスの機能性評価

2.1.1 試料の調整

本研究では、県産の地域資源に酵素処理技術を利用することによりペーストやエキスを製造し、菓子素材としての可能性を検討している。今回は、波佐見町で生産されているバラを原料として、熱水抽出エキスを調製し、その機能性をin vitroで検討することにより、酵素抽出エキスの素材としての可能性を検討した。

本研究で試料としたバラ花びらは重山陶器株式会社より提供された。熱水エキスの製造は、以下のように実施した。4～5月に採取された花びら20gを熱水1L中で10分間攪拌した後、ろ過により得られたエキスを濃縮・凍結乾燥によって乾燥粉末を得た。各種機能性

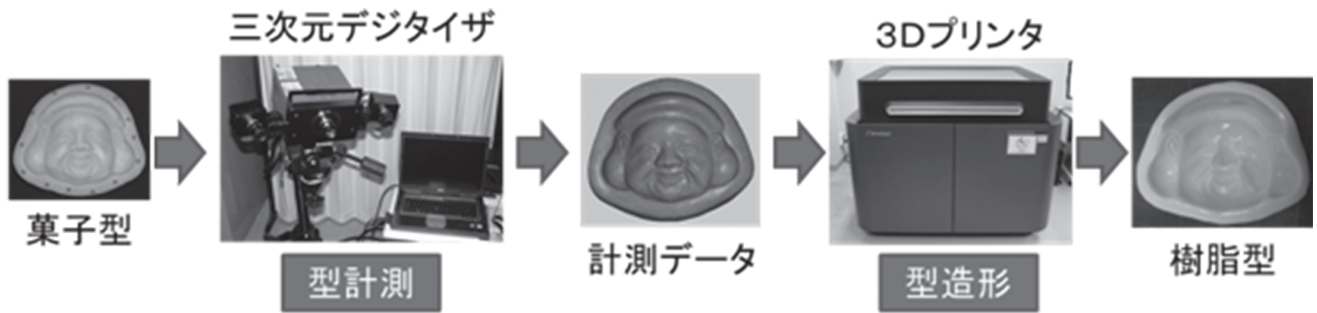


図1 システム構成

の評価にはこの乾燥粉末を用いた。

2.1.2 総ポリフェノール量の測定

総ポリフェノール量の測定をフォリン-デニス法^[1]により行った。80%エタノールに溶解させた熱水抽出物100 μ Lに対して、超純水1.6 mLを添加し、次いでフォリン-デニス試薬100 μ L、飽和炭酸ナトリウム溶液200 μ Lを加え、30分間放置した。その後、反応溶液の透過光強度を波長760 nmで測定し、標準物質としてクロロゲン酸を用いて吸光度を算出した。

2.1.3 熱水抽出エキスの隣りパーゼ阻害性の測定

ブタ膵臓由来リパーゼ (Type VI-S) 及び隣りパーゼの疑似基質4-methylumbelliferyl oleate (4-MU) はSIGMA製を使用した。活性測定は以下のように実施した^[2]。水に溶解したサンプル25 μ Lをマイクロプレートに添加し、13 mM Tris-HCl containing 0.15 M NaCl and 1.3 mM CaCl₂ (pH8.0) に溶解した基質 (0.1 mM 4-MU) を50 μ L添加した後に、25°C、5分間プレインキュベートした。同じ緩衝液に溶解した酵素溶液 (50 U/mL) を25 μ L添加し、酵素反応を開始した。25°C、30分間反応させた後に、0.1 M クエン酸ナトリウム (pH4.2) 溶液を1 mL添加し、反応を停止させた。リパーゼにより遊離した4-methylumbelliferone量を蛍光光度法 (励起波長; 355 nm、蛍光波長; 460 nm) により測定した。

2.1.4 エキスの α -グルコシダーゼ (AGH) 阻害性の測定

ラット小腸アセトンパウダー (SIGMA製) から調製した遊離AGHに対する阻害性を評価^[3]した。アセトンパウダー 1.0 gに人工腸液 (pH6.8) 16 mLを添加し、ホモジナイズ・遠心処理 (10,000 rpm、10分) して得られた上清を酵素液として用いた。水に溶解した熱水抽出物100 μ Lに酵素液40 μ Lを加え、10 mMマルトースあるいは45 mMスクロース溶液760 μ Lを添加し、生成した

グルコース量をグルコースCIIテストワコー (和光純薬製) を用いて測定し、AGH阻害性を測定した。

2.2 デジタル製造技術を活用した菓子型の開発システム

2.2.1 システム構成

三次元スキャン並びに三次元プリンタ技術を用いた菓子型の開発システムのシステム構成を図1に、また、そのスペックを表1に示す。

表1 装置スペック

	三次元デジタイザ	3Dプリンタ	
測定方式	非接触 CCD カメラ	造形方式	インクジェット 紫外線硬化
カメラ 解像度	0.8M pixel	造形 解像度	600dpi(X,Y 軸)、 1600dpi(Z 軸)
測定範囲	125 × 100 × 90mm	造形 サイズ	342 × 342 × 200mm
測定精度	± 0.017mm	造形精度	± 0.1mm
測定点間 距離	0.12mm	積層厚	16 μ m、30 μ m

2.2.2 性能試験

本システムが菓子型製作に十分な性能を持つかの評価を行うため、菓子製作において重要となる形状の滑らかさと細部の再現性の試験を行った。

(1) 形状の滑らかさの再現性試験

菓子型から転写された菓子表面がお菓子として十分な滑らかさを持っていることは重要な要素である。そこで、長崎くんちの庭見せのお花菓子として飾られる長崎伝統工芸菓子であるぬくめ細工菓子を例にとり再現性実験を行った。使用した型は、素焼きの恵比寿、大黒の2種類 (図2) である。

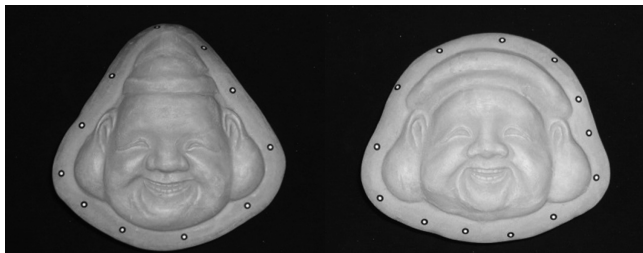


図2 ぬくめ細工菓子素焼き型(左 恵比寿、右 大黒)

これらの型を三次元デジタイザを用いて計測し、計測したデータから3Dプリンタを用いて樹脂型を作製し、樹脂型と樹脂型の元データの形状位置(偏差)を比較することにより評価を行った。樹脂型の積層厚は16 μm で行った。

(2) 精細部の再現性試験

落雁などの型に押し乾燥させて作成する菓子の場合、その木型には彫刻され細部が精細に表現されることが多く、この精細さを再現することは、菓子型において重要な要素である。そこで、特に細かい彫が施されている落雁菓子を例にとり、再現性実験を行った。使用した型は、落雁の鶴と亀の2種類である(図3)。



図3 落雁木型(上 鶴、下 亀)

これらの型を三次元デジタイザを用いて計測し、計測したデータから3Dプリンタを用いて樹脂型を作製し、樹脂型と樹脂型の元データの形状位置(偏差)による比較と試作による評価を行った。樹脂型の積層厚は16 μm で行った。

3. 結果と考察

3.1 バラ熱水抽出エキスの機能性評価

3.1.1 総ポリフェノール量の測定

収穫直後の花びらの総ポリフェノール量を測定したところ、1500 (mg/100 g-Fresh Weight)であり、さらにポリフェノールの一種であるアントシアニン量を検討した結果、60 (mg/100 g-F.W.)と判明した。さらに、花びらから調製した乾燥熱水抽出物の総ポリフェノール

量を測定したところ、32.4 g/100 gと高値を示し、アントシアニンも290 mg/100 g程度含有されていた。この結果から、熱水抽出物には、バラ花びらに含まれる有効成分が効率的に抽出されていることが示された。

3.1.2 バラ花びらのリパーゼ阻害性

本バラ品種花びらの有するリパーゼ阻害性を表2に示した。バラ花びら抽出物は115 $\mu\text{g/mL}$ と高い阻害性を有していた。当所でこれまでに研究を行った緑茶とビワ葉を用いた混合発酵茶⁽⁴⁾と比較すると、5分の1程度の阻害性であった。しかしながら、ヒトでの血中中性脂肪上昇抑制作用を示すと報告⁽⁵⁾されているリンゴポリフェノールのリパーゼ阻害性は412 $\mu\text{g/ml}$ であり、4倍近く高活性であったことから、本素材についても中性脂肪低下に関わる機能を有する可能性が示唆された。

表2 バラ花びらエキスのリパーゼ阻害性

	IC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)
熱水抽出物	115

3.1.3 エキスの α -グルコシダーゼ (AGH)阻害性の測定

花びらエキスが有する血糖値上昇抑制作用に関して検討を行うために、AGH阻害性を測定した。その結果、マルターゼ及びスクラーゼ阻害性について、表3に示すようにいずれも優れた阻害性を示し、本バラ品種が血糖上昇抑制作用を有する可能性が示唆された。これまでに当所は発酵茶が血糖値上昇抑制作用⁽⁶⁾を有することを明らかにしているが、発酵茶の活性値(マルターゼ阻害性; 0.06、スクラーゼ阻害性; 0.20 mg/mL)と比較すると、バラエキスは3分の1程度の活性値であった。また、緑茶カテキンが血糖抑制作用を示すことが数多く報告⁽⁷⁾されているが、カテキンを高度に含有する緑茶番茶の阻害性を当所で測定(マルターゼ阻害性; 0.18、スクラーゼ阻害性; 0.82 mg/mL)しており、それと比較するとほぼ同程度の活性を有していることが明らかとなった。

表3 バラ花びらエキスのAGH阻害性

	IC ₅₀ (mg/mL)
マルターゼ阻害	0.21
スクラーゼ阻害	0.52

県産バラ花びらを原料とした健康機能性を有する酵素抽出エキスの開発を目的として、収穫直後の花びらから調製した熱水抽出エキスの成分及びin vitroレベルでの機能性を検討した。まず、エキスに含まれる総ポリフェノール及びアントシアニン量を測定した結果、これら成分を高度に含有することが明らかになった。さらに、花びらエキスの脂質代謝に及ぼす影響を検討するため、熱水抽出物の腓リパーゼ阻害性を測定した。その結果、熱水エキスは高い活性値を有しており、食後の脂肪吸収抑制作用について報告されている食品素材（リンゴポリフェノールなど）よりも3倍以上高活性であることが示された。この他に、血糖上昇抑制に関連するマルターゼ及びスクラーゼ阻害性についても検討したところ、いずれも優れた阻害性を示し、バラエキスが血糖上昇抑制作用を有する可能性が示された。

以上の結果から、バラエキスは各種の健康機能を示すことが推察され、エキスに高度に含まれるポリフェノール成分がこれら機能性と関連することが考えられた。

本研究では、市販酵素による県産地域資源からのエキス抽出を検討している。今回の検討では、バラの熱水抽出エキスが機能性を有することを明らかにできたことから、酵素を用いることにより、成分を高度に含む花びら原料からポリフェノール成分などの機能性成分が効率的に抽出されることが期待できる。

3.2 形状の滑らかさと精細部の評価

(1) 形状の滑らかさ

図4に試作した樹脂型(ぬくめ細工菓子)を示す。いずれも、造形後仕上げ加工は行っていない。

図4に示す樹脂型と造形データ(元の型の計測データ)を同じ位置に配置し、位置座標値の比較を行った偏差マップを図5に示す。

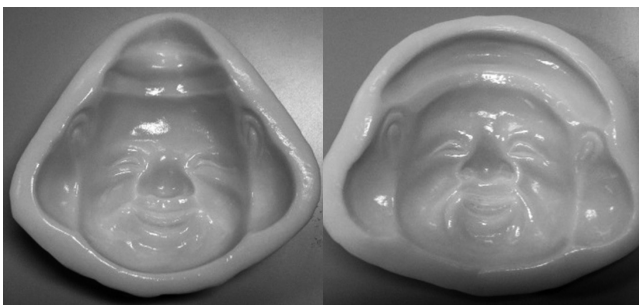


図4 樹脂型(左 恵比寿、右 大黒)

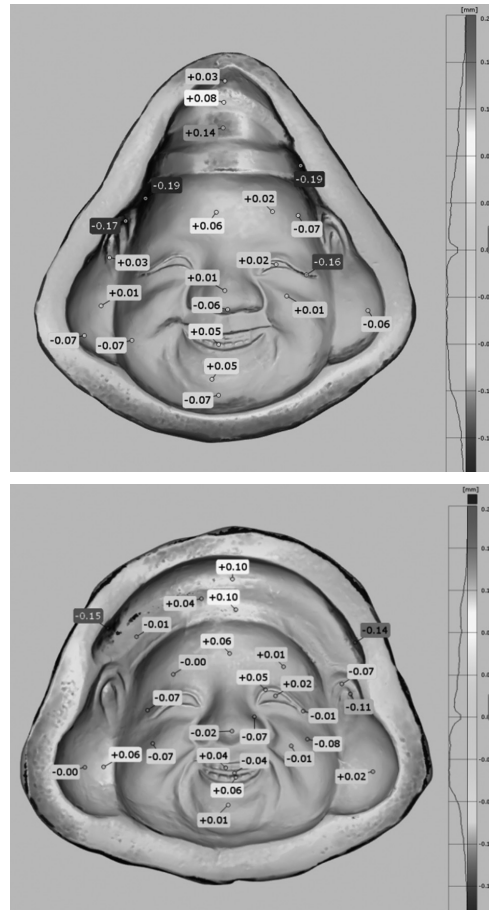


図5 偏差マップ(上 恵比寿、下 大黒)
図中の数値は偏差(mm)

いずれの場合も、細部以外の滑らかな箇所に対応する地点の距離は0.1mm以下に収まっており、形状の滑らかさが再現されていることがわかる。この樹脂型を用いて、実際に菓子を型どりした結果を図6に示す。表面が滑らかに再現されていることがわかる。

(2) 精細部の再現性

図7に試作した樹脂型(落雁)を示す。いずれも、造形後仕上げ加工は行っていない。



図6 型取りした結果(左 恵比寿、右 大黒)

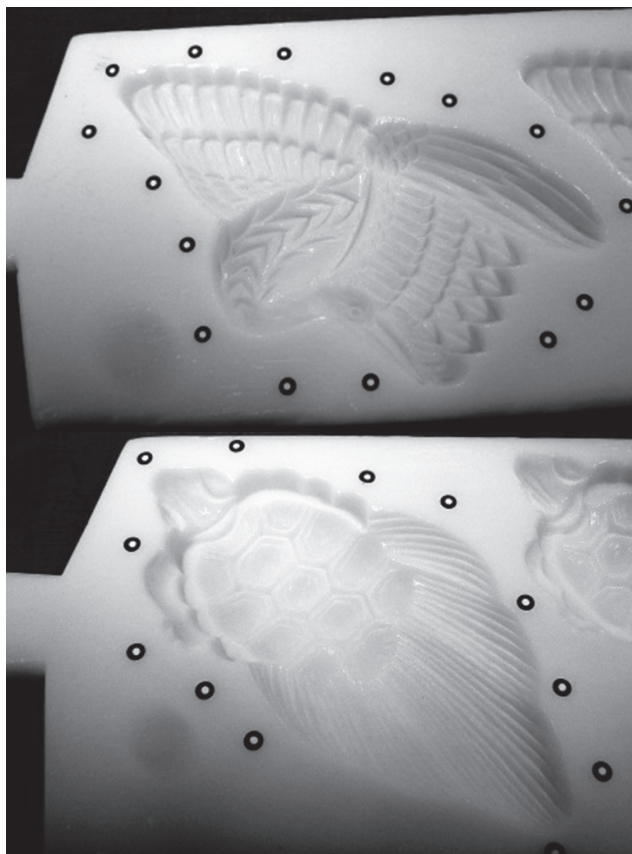


図7 樹脂型(上 鶴、下 亀)

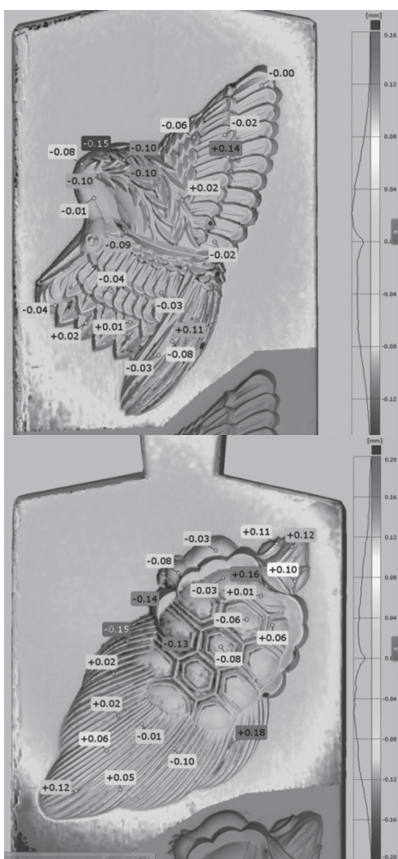


図8 偏差マップ(上 鶴、下 亀)
図中の数値は偏差(mm)

図7に示す樹脂型と造形データ(元の型の計測データ)を同じ位置に配置し、位置座標値の比較を行った偏差マップを図8に示す。

いずれの場合も、精細部が再現されていることが視覚的に確認できる。偏差マップ上も、0.1mm前後に収まっており、システムで型を用いた菓子製作時の再現性は十分にあることが確認できた。

本システムを、長崎の伝統菓子の口砂香の既存型に適用し、実施に口砂香を製作した試作例を図9に示す。

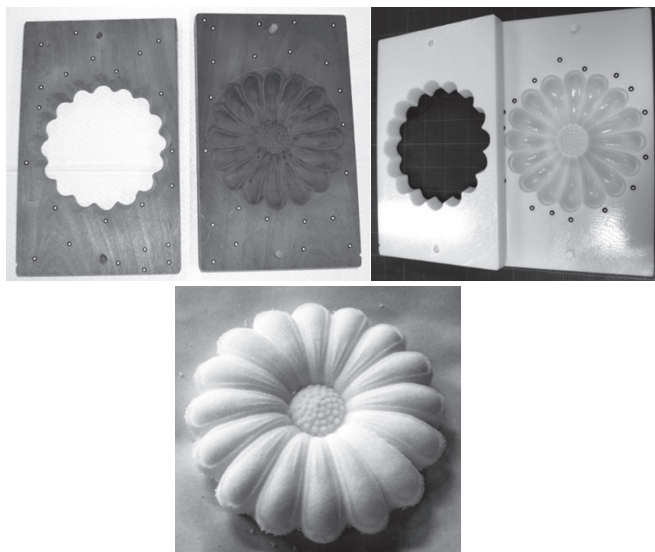


図9 口砂香試作例(上左 元木型、上右 樹脂型、下 樹脂型で製作した口砂香)

4. 結 言

1) 県産バラ花びらを原料とした酵素抽出エキスの開発を目的として、収穫直後の花びらから調製した熱水抽出エキスの機能性を検討した結果、本エキスはポリフェノール及びアントシアニンを高度に含むことを確認できた。さらに、本エキスが糖及び脂肪の吸収抑制作用を示す可能性が示唆された。本研究では引き続き、市販酵素によるバラ花びらからのエキス抽出を検討し、機能性成分を高度に含むエキス素材の開発を推進する。

2) 三次元デジタルデザイン並びに三次元プリンタ技術を活用した菓子型開発システムの性能評価を行い、菓子製作で十分活用できる性能を持つことが確認できた。今後は、得られた結果を元に、既存型、破損型、新規型への適応を行い、型の保存や活用を進める。

参考文献

- [1] 津志田藤二郎: ポリフェノールの分析法、食品機能分析法、318-322、光琳 (2000)

- [2] L.-K. Han, Y. Kimura, M. Kawashima, T. Takaku: *Int J. Obes.*, 25, 1459 (2001)
- [3] T. Matsui, T. Ueda, T. Oki, K. Sugita, N. Terahara, K. Matsumoto: *J. Agric. Food Chem.*, 49 (4), 1948–1951 (2001)
- [4] 玉屋圭、前田正道、宮田裕次: 茶葉とびわ葉を原料とした高機能性発酵茶の新機能解明と実用化に向けた研究、長崎県工業技術センター報告、40, 7-10 (2010)
- [5] 杉山洋、安江正明、神田智正、庄司俊彦、大竹康之: りんご由来ポリフェノールが脂質代謝に及ぼす影響、日本農芸化学会2006年度大会 (2006)
- [6] K. Tamaya, T. Matsui, A. Toshima, M. Noguchi, Ju Qiu, Y. Miyata, T. Tanaka, K. Tanaka: *J. Sci. Food Agric.*, 90 (5), 779–783 (2010)
- [7] 浅井肇、久保保夫、小川晴子、原往彦、中村耕三: 基礎と臨床, 21, 163-166 (1987)