

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2年度目である平成27年度は、県産米の「にこまる」を原料としたペースト製造を行った。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名）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。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歴史的木型を保有するが、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、またそれらを再利用した新しい商品開発も行っていない。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絶えず高い。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）、再利用を試み、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2年目となる平成27年度は、県産米の「にこまる」を原料としたペースト製造と、デジタル製造技術を新しい新規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新しい菓子型の開発システムの確立を図った。

2. 実験方法

2.1 県産米を利用したペースト製造技術の確立

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、県産米である「にこまる」を原料としたペースト製造技術を検討した。

2.1.1 セルラーゼを用いた米可溶化技術の検討

米ペースト製造を可能とするために、まず市販のセルラーゼを用いて、炊飯米の可溶化を検討した。セルラーゼは、ヤクルト薬品工業製の「セルラーゼ Y-NC」を用いた。本研究の試料とした「にこまる」は、市販されている県産米を使用した。米をあらかじめ洗浄し、水切りした米に対して4倍量の水を添加し、30分間浸漬した後に、IHジャー炊飯器（SR-HC102、パ

ナソニック製)により炊飯した。冷却した炊飯米 10 グラムに対して、セルラーゼ 0.1、0.3、0.5、1.0% 分を添加し、50℃で 3 時間反応させた。その後、沸騰水で 10 分間処理し、酵素反応を停止させた。本反応液を流水中で冷却した後に、遠心処理して得られた上清を採取し 410 nm での吸光度及びエキス量 (ml) を測定し、炊飯米の溶解度を測定した。

2. 1. 2 糖化酵素を用いた米ペースト製造法の検討

米ペースト製造を目的として、セルラーゼにより可溶化した炊飯米に対して、市販のアミラーゼ関連酵素を用いてペースト製造を行った。酵素剤は、ヤクルト薬品工業製の α -アミラーゼ「ユニアーゼ YM-8」及びグルコアミラーゼ「ユニアーゼ 30」を用いた。0.5% 濃度のセルラーゼで処理した炊飯米 10 グラムに対して、 α -アミラーゼ、グルコアミラーゼそれぞれを 0.1、0.3、0.5、1.0% 分添加し、50℃で 30 分間反応させた。その後、沸騰水で 10 分間処理し、酵素反応を停止させた。本反応液を流水中で冷却した後に、遠心処理して得られた上清を採取し 410 nm での吸光度及びエキス量 (ml) を測定した。さらに、米の糖化程度を検出するために、和光純薬 (株) 製グルコース CII テストワコーを用いてグルコース量を測定した。

2. 2 デジタル製造技術を活用した新規菓子型の開発システム

2. 2. 1 システム構成

三次元 CAD 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

3DCAD ソフトウェア		3D 切削加工機	
モデル形式	ワイヤ、サーフェス、ソリッド	切削方式	CNC 3 軸切削加工
モデリング方式	フィーチャーベース	機械的分解能	0.002mm/step
モデリングカーネル	342 × 342 × 200mm	造形サイズ	305 × 305 × 105mm
モデリング機能	ソリッド / サーフェスモデリング	送り速度	7 ~ 3,000mm/min (X,Y 軸)、 7 ~ 1,800mm/min (Z 軸)
入出力形式	IGES,STEP, Parasolid,STL	スピンドル回転数	4,500 ~ 15,000rpm

2. 2. 2 性能試験

本システムが新規菓子型製作に十分な性能を持つかの評価を行うため、口砂香を例にとり、実際の形状構築法の検討と形状構築、口砂香形状から菓子型の成形実験等と成型品の細部の再現性の試験を行った。

(1) 菓子形状の構築

菓子の押し型の場合、なだらかな形状からなるベース部分と細かな盛り上がりである細部の詳細部分から構成されることが大半である。そこで、ベース部分は、大域的な自由曲面で表現し、詳細部分は特徴曲線を抽出し、それを軌道とする盛り上がりを表現する細かな断面が掃引される形状により表現することとする。その際、細部の断面は半径 0.75mm の加工工具で再現できる大きさとした。以上により構築した口砂香形状を図 2 に示す。

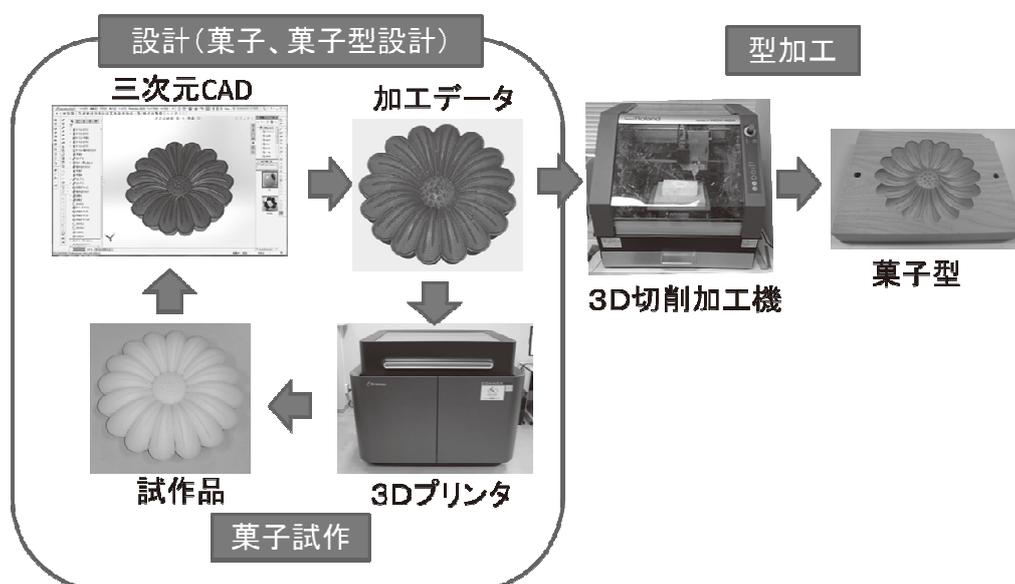


図 1 システム構成

口砂香形状が構築できれば、菓子型は、菓子形状を包含する直方体形状から菓子形状を取り去ることにより作成することができる。その菓子型形状を図3に示す。

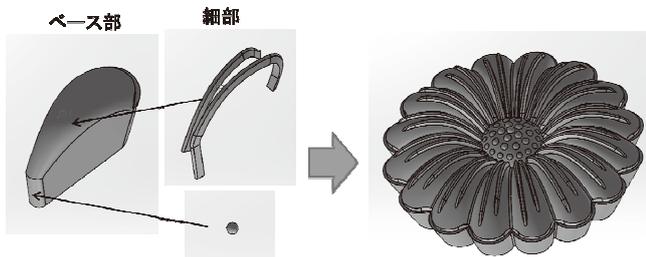


図2 口砂香形状のモデリング

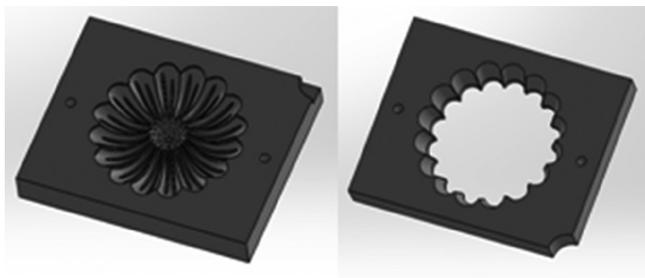


図3 口砂香菓子型形状 (左：下型、右：上型)

(2) 菓子型の加工実験と細部の再現性試験

菓子型の加工は、材質としては、食品の型として使用可能な、木型としてがば桜と樹脂型としてポリアセタールを使用した。それぞれの加工データを表2に示す。いずれも、荒加工と仕上げ加工により加工した。

表2の加工条件で菓子型を製作し、元データと菓子型、及び菓子型により成型した口砂香を計測し、元のCADデータとの形状位置(偏差)による比較による評価を行った。

表2 加工条件

材質 がば桜	
加工工具	(荒) R1.5mm ボールエンドミル (仕上げ) R0.75 ボールエンドミル
切削速度 mm/min	(荒) 450 (仕上げ) 450
スピンドル回転数 rpm	(荒) 9,750 (仕上げ) 9,750
切込み量/パス 間隔	(荒) 0.30 / 1.20 (仕上げ) 0.10 / 0.10
材質 ポリアセタール	
加工工具	(荒) R1.5mm ボールエンドミル (仕上げ) R0.75 ボールエンドミル
切削速度 mm/min	(荒) 450 (仕上げ) 450
スピンドル回転数 rpm	(荒) 10,000 (仕上げ) 10,000
切込み量/パス 間隔	(荒) 0.11 / 0.90 (仕上げ) 0.10 / 0.10

3. 結果と考察

3.1 県産米を利用したペースト製造技術の確立

3.1.1 セルラーゼを用いた米可溶化技術の検討

「にこまる」を炊飯させたものに対して、市販セルラーゼを0.1から1%分添加し酵素分解を行ったところ、添加量が増すほど米は可溶化していることが観察された。さらに、米の酵素分解物から得られた上清の吸光度を測定することにより、可溶化の程度を測定した。

表3 セルラーゼ添加量が米の可溶化に及ぼす影響

セルラーゼ添加 (%)	A ₄₁₀
0	1.072
0.1	1.827
0.3	1.815
0.5	1.748
1.0	1.762

その結果、セルラーゼを添加すると吸光度は増加し、米の溶解度が進んでいることが判明したが、0.1%添加試料においてA₄₁₀値は最大に達しており、0.3%以上では酵素濃度を高めても吸光度が増加しなかった。

さらに、セルラーゼ反応物から遠心処理により得られたエキス量を測定した。

表4 セルラーゼ反応物のエキス量変化

セルラーゼ添加量 (%)	エキス量 (ml)
0	0.2
0.1	4.8
0.3	6.0
0.5	6.6
1.0	6.9

添加したセルラーゼにより炊飯米が可溶化した場合、含有する水分が溶出することから、エキス量は増加するものと考えられる。本結果を見ると、セルラーゼ添加量に伴ってエキス量は増加しており、0.5%添加試料ではほぼ一定に達していた。先述の吸光度により可溶化の程度を検討した結果(表3)は、0.1%濃度で一定レベルに達していることを示しており、本結果と異なるものであったが、米ペーストの効率的な製造を達成するためには、セルラーゼ添加量が0.5%程度必要と考察された。

3.1.2 糖化酵素を用いた米ペースト製造法の検討

上記2.1.1で検討した、0.5%濃度のセルラーゼを作用させた炊飯米にα-アミラーゼ及びグルコアミラーゼ剤を添加し、米デンプンの糖化を促進することにより、ペーストの製造を試みた。まず、α-アミラー

ぜである「ユニアーゼ YM-8」を使用した検討を行った。

表5 α -アミラーゼ添加量が米ペースト製造に及ぼす影響

α -アミラーゼ添加 (%)	エキス量 (ml)	デンプンの糖化 (A_{520})
0	3.5	0.355
0.1	14.3	1.163
0.3	14.7	1.237
0.5	15.3	1.306
1.0	16.5	1.340

α -アミラーゼ添加量に伴い、エキス量の増加及びデンプンの糖化は進行し、エキス量は1.0%まで増加したのに対して、糖化の程度は0.5%濃度でほぼ一定レベルに達していた。本結果からは、 α -アミラーゼを用いた米ペースト製造には、0.5%以上の酵素剤添加を要すると考えられた。

さらに、セルラーゼ処理した炊飯米にグルコアミラーゼを添加し、同様の検討を行った。

表6 グルコアミラーゼ添加量が米ペースト製造に及ぼす影響

グルコアミラーゼ添加 (%)	エキス量 (ml)	デンプンの糖化 (A_{520})
0	3.5	0.355
0.1	14.0	1.302
0.3	15.0	1.343
0.5	16.3	1.591
1.0	16.6	1.792

表6のように、グルコアミラーゼの添加量を増加させた場合、得られたエキス量は徐々に増加し、0.5%でほぼ最大に達していた。また、デンプンの糖化程度は添加量1.0%まで増加しており、本酵素剤を用いた米ペースト製造には、0.5%以上の添加が必要であると考えられた。

表5及び表6の520 nmでの吸光度値を比較すると、本グルコアミラーゼ添加ペーストが α -アミラーゼ添加物よりも高い数値を示したことから、グルコアミラーゼを使用したペーストが強い甘味を有する可能性が示唆された。

3.2 加工と細部の評価

図4に試作した菓子型を示す。いずれも、切削加工後の仕上げ処理は行っていない。

加工時間は、表7に示すとおりである。

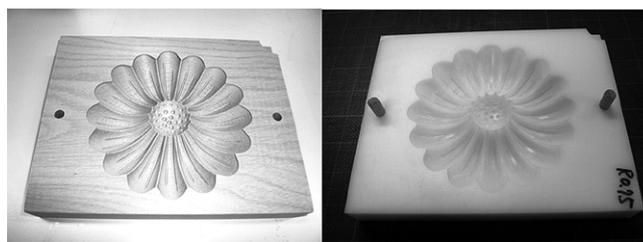


図4 菓子型 (左 がば桜、右 ポリアセタール)

表7 切削加工時間

材質	がば桜	ポリアセタール
荒加工 min	258	515
仕上げ加工 min	1,174	1,174

図4に示す菓子型の計測データと切削のCAD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。

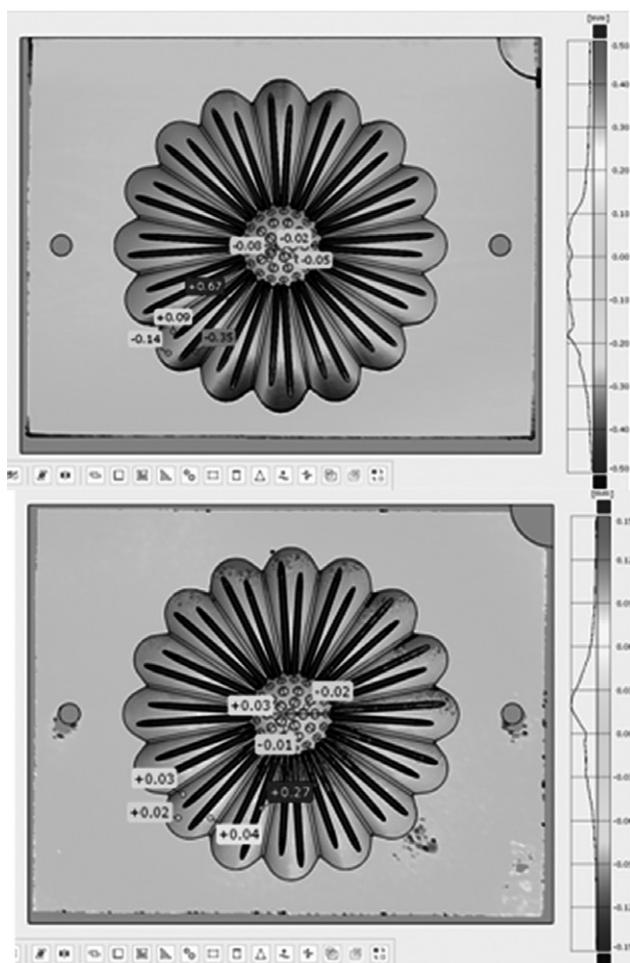


図5 偏差マップ (上 がば桜、下 ポリアセタール)

ポリアセタール樹脂の場合は、細部以外の滑らかな箇所に対応する地点の距離は0.05mm以下に収まっており、形状の滑らかさが十分に再現されていることがわかる。がば桜の場合は、部分的に0.1mmを超える領域が見受けられるが、これは木材特有の繊維の方向による逆目の影響と考えられるが、0.5mm以下には収まっており、菓子型としては十分な形状再現性である。この菓子型を用いて、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。

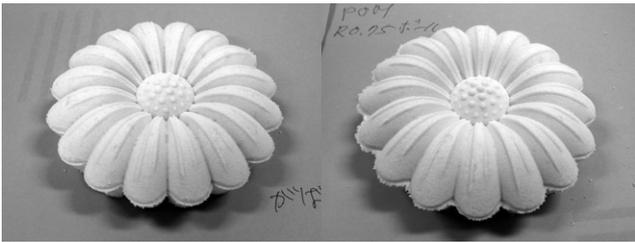


図6 型取りした結果(左 がば桜、右 ポリアセタール)

4. 結 言

- 1) 県産米である「にこまる」を原料としたペースト製造法を検討した結果、炊飯米に対して0.5%のセルラーゼと0.5%以上の α -アミラーゼあるいは同濃度のグルコアミラーゼを添加し、50℃で3時間反応させることにより、甘味を有する米ペーストが製造できた。

今後は、反応時間などの酵素反応条件を検討し、米ペーストの製造法を確立する。

- 2) 三次元CAD並びに三次元切削加工機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。