

農産加工食品製造への 酵素利用に関する研究

富永一哉・榎 賢治

Application Study for Agricultural Food
Production Relating to Enzyme Function

Kazuya Tominaga and Kenji Maki

Several types of pumpkin paste produced by pectinase processing demonstrated high levels of fluidity, thus rendering them suitable for use as a new food source in the manufacture of soup. During the processing of carrot, the combination of cellulase and pectinase could give rise to higher level of fluidity to the juice. Despite a low juice yield, in the sensory test, a superior set of two kinds of enzyme was found. As in the case of carrot, the set of cellulase and pectinase could give good results during the processing of corn, but cellulase processing would not render the husk soluble. The yield of soluble material from onion waste, as measured during pectinase processing, was 68.6% (solubility ratio 64.7%), which was approximately six times more than that expected from non-enzyme processing. The taste of the processed onion juice was sweet, slightly bitter, and had a roasted flavor. It would therefore be possible to make good-quality juice from onion waste.

北海道には、全国でも生産量が上位となる野菜が多く、生鮮品のみならず、加工食品としても道外に多く移出している。しかし、その付加価値生産性は高くなく、またその用途も広がりを持たない。

一方、食品製造における酵素利用は穏和な条件で物質変換が可能で安全性が高いため、大手食品企業を中心に以前から行われているが、道内農産加工業においては未だ有効に利用されている例は少ない。しかしながら、多くの道内加工業者にとっては、収益向上や競争力強化のため、新商品開発や高付加価値化、加工残さの有効活用等が急務で、関連する多くの研究要望がなされているが、これらの課題解決のために酵素利用が有効なケースが少なくない。特に近年、道外の流通業者や実需者から付加価値の高い新たな加工向け食材や調理食材へのニーズが高まっており、これら業務用食材を酵素処理により開発し商品化することは、農産加工業の活性化および道産食材の販売拡大の面から極めて重要性が高い。こうした問

題を解決する一つの手段として、著者らは、ジャガイモを対象とした酵素処理による食品素材開発を報告した¹⁾。

そこで本研究では、先の研究の成果をふまえ北海道の主要な野菜であるカボチャ、タマネギ、ニンジン及びスイートコーンなどを対象として、新たな食品開発や高付加価値化および加工残さの低減や利用を目的に酵素利用技術を開発したので報告する。

1. 実験方法

(1) 供試した酵素剤

酵素剤には以下のものを使用した。セルラーゼ系では、セルラーゼ A「アマノ」3、セルラーゼ T「アマノ」4 (以上、アマノ製薬株式会社製)、セルラーゼ「オノズカ」12 S、セルラーゼ Y-NC (以上、ヤクルト薬品工業株式会社製)、セルクラスト 1.5 L FG (ノボザイムズジャパン株式会社製)、セルラーゼ XP-425、セルラーゼ SS、セルラーゼ XL-531 (以上、ナガセケムテックス株式会社製)、ヘミセルラーゼ「アマノ」90 (アマノ製薬株式会社製)、セロルシン HC (HBI 株式会社製) を使用した。ペクチナーゼ系では、ペクチナーゼ G「アマノ」、ペクチナーゼ PL「アマノ」(以上、アマノ製薬株式会社製)、ペクチナーゼ SS、ペクチナーゼ 3S、ペクチナーゼ HL、マセロチーム (以上、ヤクルト薬品工業株式会社製)、ペクチネック スウルトラ SP-L (ノボザイムズジャパン株式会社製)、ペクチナーゼ XP-534、ペクチナーゼ XP-534NEO (以上、ナガセケムテックス株式会社製)、スクラーゼ A (三菱化学フーズ株式会社製)、セロルシン ME (HBI 株式会社製)、マセレイティング E-Y (ヤクルト薬品工業株式会社製) を使用した。

(2) 野菜の処理方法

カボチャは青果の果肉を採取し、可食できる程度までボイル後裏ごしして使用した。セルラーゼ系とペクチナーゼ系の所定の酵素を単独で作用させ、性状変化を目視などで観測した。酵素処理条件は、各酵素を原料重量に対して 0.1% 添加し、50°C で 5 時間反応させた後、沸騰水浴中で 80°C に 10 分間維持して酵素反応を停止させ、冷却後、冷蔵庫で 1 夜保存した。

ニンジンはブランチング後、冷凍して保存したものを解凍し、フードプロセッサで破碎して使用した。セルラーゼ系とペクチナーゼ系の所定の酵素を単独または組み合わせで作用させ、性状変化を目視などで観測した。酵素処理条件はカボチャの場合と同様である。

スイートコーンはレトルト処理及び冷凍保存したものを解凍し、子実部分を専用カッターでそぎ落として、破

砕して使用した。セルラーゼ系とペクチナーゼ系の数種の酵素を単独或いは組み合わせで作用させ、性状変化を目視などで観測した。酵素処理条件はカボチャの場合と同様とした。

タマネギはトリミングされた芽に近い部分を冷凍保存したものを解凍し、外皮を除去後に加熱処理をして、ワーキングブレンダーで破碎して使用した。セルラーゼ系(セルラーゼ Y-NC)とペクチナーゼ系(ペクチネックスウルトラ SP-L)の酵素を各 0.25% 添加し、両酵素の存在下 50°C で 6 時間反応した。

(3) 測定項目

これら全ての野菜処理物について、液化率、Brix 糖度、pH を測定すると共に、官能評価を行った。タマネギについては、エキス分を分離して収率等を算出し、F-キット・Suc/Glc/Frc 測定用(株式会社 J. K. インターナショナル)を用いて糖組成などを分析した。

2. 実験結果及び考察

カボチャでは、ペクチナーゼ系の酵素を作用させた場合は流動性が高まり、一部に非常に良好な結果を示す酵素もあったが、呈味が悪くなる傾向を持つ酵素が多かった。セルラーゼ系の場合は、多くが流動性を高める傾向を示したが、顕微鏡観察により(データは示さない)細胞に損傷が認められることがあった。ペクチナーゼ系酵素において、処理したペーストがスープの材料としての安定性などにも優れ、新たな食品材料として期待できるのはスクラーゼ A 或いはセロルシン ME であった(表 1, 2)。(表中の両酵素に * を記入した。)

表 1 セルラーゼ系の酵素処理によるカボチャペーストの性状

酵素剤	Brix	pH	流動性
A3	13.6	5.61	やや有り
T4	12.3	6.07	無し
*OS	14.2	6.07	有り
*Y	14.0	5.84	有り
LFG	10.8	6.08	無し
XP	12.6	6.02	やや有り
SS	12.0	6.08	やや有り
XL	13.9	5.55	有り
A90	14.4	5.50	有り
HC	12.5	5.93	無し
無処理	9.8	6.07	—

酵素名の表記：

セルラーゼ A「アマノ」3(A3)、セルラーゼ T「アマノ」4(T4)、セルラーゼ「オノズカ」12S(OS)、セルラーゼ Y-NC(Y)、セルクラスト 1.5L FG(LFG)、セルラーゼ XP-425(XP)、セルラーゼ SS(SS)、セルラーゼ XL-531(XL)、ヘミセルラーゼ「アマノ」90(A90)、セロルシン HC(HC)

*：新たな食品素材として期待できる良好な流動性を作る酵素剤

ニンジンでは、各酵素を単独で使用した場合より、セルラーゼ系とペクチナーゼ系を組み合わせで処理した方が、より良い流動性を持つ汁液が得られることが分かった。ニンジンの加工品の場合、ジュースなどにしたときの流動性の向上が求められており、これに合致した液化効率が高い酵素の組合せとしてマセロチームとヘミセルラーゼ「アマノ」90との組合せなどがあったが、味・香りともにより優れた性質を持つジュースができる酵素の組合せはマセロチームとセルラーゼ Y-NC であることが分かった(表 3)。

スイートコーンでは、ニンジンの場合と同様にセルラーゼ系とペクチナーゼ系を組み合わせで処理した方が、より良い性状の汁液が得られることが分かった。しかし、セルラーゼが添加されているにもかかわらず、子実の皮の部分を含んだ原料は滑らかな性状のペーストとはならず、裏ごしする必要がある。味・香りの点などから、ニンジンの場合とは異なった酵素の組合せ、マセロチームとセルラーゼ「オノズカ」12S が汁液を作るのに適当だった(表 4)。

タマネギの汁液では、エキス収率が無処理区で 11.4%、酵素処理区で 68.6% だった。エキスの収率も酵素処理により 6 倍に向上した。また、可溶化率は 64.7% と計算された。官能評価では、無処理区は辛みが強く、苦みも感じられ、含硫化合物の刺激臭があった。酵素処

表 2 ペクチナーゼ系の酵素処理によるカボチャペーストの性状

酵素剤	Brix	pH	流動性
AG	15.3	5.86	やや有り
APL	15.4	5.91	有り
SS	15.2	5.72	やや有り
3S	15.4	5.81	有り
HL	16.2	5.74	有り
M	15.1	6.03	無し
SP	13.9	5.73	無し
XP	12.3	6.18	無し
XPN	11.6	6.40	無し
*SA	14.7	6.19	有り
*CME	14.6	6.10	有り
MEY	11.7	6.29	無し
無処理	9.9	6.36	—

酵素名の表記：

ペクチナーゼ G「アマノ」(AG)、ペクチナーゼ PL「アマノ」(APL)、ペクチナーゼ SS(SS)、ペクチナーゼ 3S(3S)、ペクチナーゼ HL(HL)、マセロチーム(M)、ペクチネックスウルトラ SP-L(SP)、ペクチナーゼ XP-534(XP)、ペクチナーゼ XP-534NEO(XPN)、スクラーゼ A(SA)、セロルシン ME(CME)、マセレイテイング E-Y(MEY)

*：新たな食品素材として期待できる良好な流動性を作る酵素剤

表3 酵素処理によるニンジン汁液の性状

酵素剤 No	酵素剤名	総重量	滓重量	ジュース重量	液化率	液化効率	Brix	pH	味	香
1	ペクチナーゼ系 SP	62.39	32.32	30.07	60.1	176.0	9.0	4.47	甘味, 酸味	フルーツ香
2	M	62.40	34.34	28.06	56.1	164.2	9.4	4.84	甘味, 少し酸味	紙臭, ニンジン香
3	セルラーゼ系 Y	62.33	31.82	30.51	61.0	178.5	9.4	4.88	旨味, 金気	野菜臭
4	OS	62.36	42.99	19.37	38.7	113.3	8.9	5.38	甘味	蜜様香, ニンジン香
5	A90	62.43	27.80	34.63	69.3	202.6	9.9	4.45	酸味, 渋味	酸臭, ニンジン香
6	SP+Y	62.34	26.35	35.99	72.0	210.6	10.0	4.25	酸味強い	梅様香, 酸臭
7	SP+OS	62.29	27.69	34.60	69.2	202.5	9.6	4.33	酸味, 旨味	酸臭, ニンジン香
8	SP+A90	62.39	26.36	36.03	72.1	210.8	10.0	4.24	酸味	梅様香, 酸臭
9	*M+Y	62.38	28.96	33.42	66.8	195.6	10.0	4.62	甘味, 少し酸味	ニンジン香, 紙臭
10	M+OS	62.34	32.94	29.40	58.8	172.0	9.8	4.93	甘味, 渋味	ニンジン香, 紙臭
11	M+A90	62.35	26.31	36.04	72.1	210.9	10.1	4.39	酸味	ニンジン香, 酸臭
12	未処理	62.50	45.41	17.09	34.2	100.0	7.7	5.40	甘味, 少し渋味	ニンジン香, 紙臭

酵素名の表記:

ペクチナーゼ系; ペクチネックスウルトラ SP-L (SP), マセロチーム (M)

セルラーゼ系; セルラーゼ Y-NC (Y), セルラーゼ「オノヅカ」12S (OS), ヘミセルラーゼ「アマノ」90 (A90)

*: 新たな食品素材として期待できる良好な流動性を作る酵素剤の組合せ

表4 酵素処理によるコーンの汁液の性状

酵素剤 No	酵素剤名	総重量	滓重量	ジュース重量	液化率	液化効率	Brix	pH	味	香
1	ペクチナーゼ系 SP	47.88	35.46	14.54	29.1	115.9	18.2	5.58	甘味, やや酸味	甘臭, 焦げ臭
2	M	44.66	32.24	17.76	35.5	141.6	19.5	5.57	甘味やや強い	甘臭強い
3	セルラーゼ系 Y	40.15	27.73	22.27	44.5	177.6	21.4	5.48	甘味, 少し苦み	青み, 生々しい
4	OS	43.12	30.70	19.30	38.6	153.9	19.2	5.59	甘味, 塩味	青み, 生々しい
5	A90	42.07	29.65	20.35	40.7	162.3	22.0	5.50	酸味, やや苦み	青み, 焦げ臭
6	SP+Y	40.06	27.64	22.36	44.7	178.3	21.3	5.46	酸味, 旨味	青み, 焦げ臭
7	SP+OS	43.54	31.12	18.88	37.8	150.6	20.3	5.51	旨味, やや塩味	甘臭, 焦げ臭
8	SP+A90	41.98	29.56	20.44	40.9	163.0	22.3	5.51	酸味, やや苦み	甘臭, 青み
9	M+Y	40.41	27.99	22.01	44.0	175.5	22.0	5.46	酸味, 旨味	青み, 焦げ臭
10	*M+OS	42.18	29.76	20.24	40.5	161.4	21.7	5.50	甘味, 酸味	甘臭, 焦げ臭, *
11	M+A90	41.80	29.38	20.62	41.2	164.4	22.3	5.49	旨味, やや苦み	青み, 焦げ臭
12	未処理	49.88	37.46	12.54	25.1	100.0	16.7	5.72	甘味, 旨味	甘臭, 青み

酵素名の表記:

ペクチナーゼ系; ペクチネックスウルトラ SP-L (SP), マセロチーム (M)

セルラーゼ系; セルラーゼ Y-NC (Y), セルラーゼ「オノヅカ」12S (OS), ヘミセルラーゼ「アマノ」90 (A90)

*: 新たな食品素材として期待できる良好な流動性を作る酵素剤の組合せ

表5 タマネギ汁液の糖組成測定 単位:(g/l)

	ショ糖	ブドウ糖	果糖
無処理汁液	0.041	0.098	0.109
酵素処理汁液	0.021	0.153	0.137

測定はF-キット・Suc/GLc/Frc測定用
(株式会社 J. K. インターナショナル) による

理区では、若干の苦みはあるが、甘味があり、ロースト香が感じられた。以上のことから、従来加工残渣として廃棄されていた芽の部分からでも、味・香りともに良好な性質の汁液を作ることができた。この汁液は、新たなタイプの飲料原料などにも利用の可能性があらわれたい。糖組成を調べると、無処理区から酵素処理区へのショ糖の減少量と果糖の増加量はほぼ一致するが、ブドウ糖

はそれ以上増加していた。これは、汁液中に存在するオリゴ糖或いは配糖体から供給されたことが推察された(表5)。

3. 要 約

- (1) ペクチナーゼ系酵素, スクララーゼA或いはセロルシンMEで処理したカボチャペーストの中には、流動性が高まり、スープの材料としての安定性などにも優れ、新たな食品材料として期待できるものがあつた。
- (2) ニンジンでは、各酵素を単独で使用した場合より、セルラーゼ系とペクチナーゼ系を組み合わせで処理した方が、より良い流動性を持つ汁液が得られることが分かつた。液化効率を高める酵素の組合せよりも、やや効率は落ちるが、味・香りともにより優れた性質を持つジュースができる組合せはマセロチームとセル

ラーゼ Y-NC であることが分かった。

- (3) スイートコーンでは、セルラーゼ系とペクチナーゼ系の組み合わせで、マセロチームとセルラーゼ「オノズカ」12S で処理した方が、より良い性状のジュースが得られることが分かった。しかし、セルラーゼによる皮の部分の可溶化は進まなかった。
- (4) タマネギでは、酵素処理区でエキス収率が 68.6% で、無処理区に対して約 6 倍の効率だった。また、可溶化率は 64.7% と計算された。酵素処理区の官能評価

では、若干の苦みはあるが、甘味があり、ロースト香が感じられ、従来加工残渣として廃棄されていた芽の部分からでも、味・香りともに良好な性質の汁液を作ることができた。

文 献

- 1) 槇 賢治, 中野敦博, 山木一史, 岩下敦子, 馬鈴薯の酵素処理による食品素材の開発, 北海道立食品加工研究センター研究報告, **6**, 47-49 (2005).