

リンゴ果汁を使用した和製フロランタンの開発

Development of Japanese florentine using apple juice

会津若松技術支援センター 醸造・食品科 馬淵志奈 渡辺愛奈

リンゴ果汁を原料としたキャラメル生地をせんべい生地に乘せた和製フロランタンの開発に取り組んだ。リンゴ果汁にトレハロースとバターを添加し、130℃以上に加熱することでキャラメル生地の食感を改善できることを明らかにした。保存中の水分活性の推移から、キャラメル生地及びせんべい生地の物性変化は小さいと推測された。また、キャラメル生地に含まれる油脂の酸価・過酸化価は菓子指導要領の基準を下回っていた。従って、今回開発した和製フロランタンは25℃で2ヶ月保存できることが示唆された。

Key words: リンゴ果汁、トレハロース、物性、水分活性

1. 緒言

フロランタンはフランスの代表的な菓子であり、砂糖等の糖類を加熱してナッツ類に絡めたキャラメル生地がサブレの上に乗っている。応募企業では、福島県産のリンゴ果汁を煮詰めてキャラメル生地を加工し、せんべい生地に乘せた和製フロランタンの開発を進めている。しかし、リンゴ果汁をそのまま煮詰めても固まらずベタついた食感となり、商品化の課題となっていた。

ガラス転移温度 (T_g) は、食品の物性を制御する要素のひとつであり、構成成分の T_g や水分含量に依存する。食品の温度が T_g を上回るとラバー状態となり、反対に T_g を下回るとガラス状態となることが予想される。リンゴ果汁にはフルクトース、グルコース、スクロースが多く含まれており、中でもフルクトースは特に T_g が低い¹⁾。そのため、リンゴ果汁のみを煮詰めて加工したキャラメル生地は軟らかくベタついたと推測された。一方、トレハロースは T_g の高い糖であることから、キャラメル生地のベタつきを抑制する効果が期待できる。

そこで本研究では、リンゴ果汁を使用したキャラメル生地の食感を改善するため、トレハロース等の副原料や加熱温度が物性に及ぼす影響を明らかにした。また、製品の保存性を評価するため、水分活性やキャラメル生地に含まれる油脂の酸価・過酸化価を経時的に調査した。更に、様々な水分活性に調湿したせんべい生地の物性を測定し、保存中の水分移行によるせんべい生地の食感の変化について考察した。

2. 研究方法

2. 1. 供試材料

リンゴ果汁、せんべい生地、アーモンド、カシューナッツは応募企業から提供いただいたものを供試した。ナッツ類は2~3[mm]程度のダイス状に砕いて使用し

た。トレハロース、バター（食塩不使用）は市販のものを供試した。

2. 2. キャラメル生地の食感の改善

2. 2. 1. ベタつきの抑制

2. 2. 1. 1. 加工条件

リンゴ果汁、トレハロースを添加したリンゴ果汁をそれぞれガス火で加熱し、120, 125, 130[℃]に到達した時点で火を止めた。その後、底径40[mm]のおかずカップに3±0.5[g]ずつ入れて表面を平らにならし、常温で冷却して成形した。試作は各条件で3回ずつ実施した。

2. 2. 1. 2. 物性測定

2. 2. 1. 1. で調整した試料に、直径3[mm]の円柱プランジャーを測定速度1[mm/sec]で表面から1[mm]侵入させたときの最大荷重及び付着性をレオメーター（RE2-3305S-1.2、株式会社山電）で測定した。最大荷重については、試作回ごとに数値を比較して物性のばらつきを評価した。

2. 2. 2. 付着性の軽減

2. 2. 2. 1. 加工条件

トレハロースを添加したリンゴ果汁、トレハロースとバターを添加したリンゴ果汁をそれぞれガス火で加熱し、130[℃]に到達した時点で火を止めた。その後、2. 2. 1. 1. と同様に成形した。

2. 2. 2. 2. 物性測定

2. 2. 2. 1. で調整した試料に、直径5[mm]の円柱プランジャーを測定速度1[mm/sec]で表面から0.5[mm]侵入させたときの最大荷重及び付着性をレオメーターで測定した。

2. 3. 保存性の評価

応募企業と共に考案したレシピに基づき当所で作製

したフロランタンと乾燥剤を同封して 25[℃]で保存し、下記の分析を経時的に行った。また、調湿したせんべい生地の物性を測定した。

2. 3. 1. 水分活性

水分活性測定装置 (LabMaster-aw neo、Novasina) を用いて、キャラメル生地及びせんべい生地の水分活性をそれぞれ測定した。

2. 3. 2. キャラメル生地に含まれる油脂の酸価・過酸化価

キャラメル生地进行を乳鉢で粉碎し、油脂分析用のジエチルエーテルを浸る程度に加えて、ときどき振り混ぜながら約2時間放置した。ろ紙を用いてろ過し、ろ液の約半量の蒸留水を加えよく振り混ぜて水層を除去した。この操作を2回繰り返し、エーテル層を分取して無水硫酸ナトリウムで脱水した。その後、ロータリーエバポレーター (R-124、BUCHI) を用いて水温 40[℃]以下でエーテルを除去し、残留物の酸価・過酸化価を測定した。

酸価の測定には「シンプルパック AV1」、過酸化価の測定には「過酸化価測定キット POVテスター5型」(いずれも柴田科学(株))をそれぞれ使用した。

2. 3. 3. せんべい生地の調湿による物性変化

2. 3. 3. 1. 調湿方法

せんべい生地と共に相対湿度 (RH) の異なる5種の飽和塩をそれぞれ密閉容器に入れ、25[℃]で2週間から3週間静置した。飽和塩には酢酸カリウム (RH=23%)、塩化マグネシウム (RH=33%)、炭酸カリウム (RH=42%)、臭化ナトリウム (RH=58%)、塩化ナトリウム (RH=75%) を用いた。この他に、定温乾燥機 (DS44、ヤマト科学(株)) で 70[℃] 15分間加熱乾燥したせんべい生地を用意した。

以上の方法で調湿した試料は、それぞれ水分活性を測定した。

2. 3. 3. 2. 物性測定

2. 3. 3. 1. で調整した試料に、直径 3[mm]の円柱プランジャーを測定速度 1[mm/sec]、歪率 90%で侵入させたときの最大荷重をレオメーターで測定した。

3. 結果及び考察

3. 1. キャラメル生地の食感の改善

3. 1. 1. ベタつきの抑制

試作したキャラメル生地の外観を図1、物性を測定した時の最大荷重を表1、付着性を表2に示す。リンゴ果汁のみの場合は、いずれの加熱温度でも物性値に

大きな差は確認されなかった。一方、トレハロースを添加した場合は、加熱温度が高くなるにつれて物性値が大きくなった。

トレハロース添加区の加熱温度 125[℃]において、試作1回目と試作2回目で最大荷重に約50倍の差が生じた。このことから、トレハロース添加による硬化は 125[℃]付近から始まるが、加熱時に温度ムラがあると硬化の度合いもばらつき、物性が不安定になりやすいと推測された。一方、加熱温度 130[℃]では試作回ごとの最大荷重のばらつきは小さかった。従って、リンゴ果汁にトレハロースを添加し 130[℃]以上に加熱することでキャラメル生地が安定して硬化し、再現性良く加工できることが明らかとなった。

表2から、トレハロース添加により粘性が増し、更に硬化したことで付着性が増大したと考えられた。実際に、トレハロース添加区の加熱温度 130[℃]のキャラメル生地进行を試食したところ、歯に強く付着し咀嚼が困難であることが確認された。そのため、キャラメル生地の硬化により増大した付着性を軽減する必要があると考えられた。

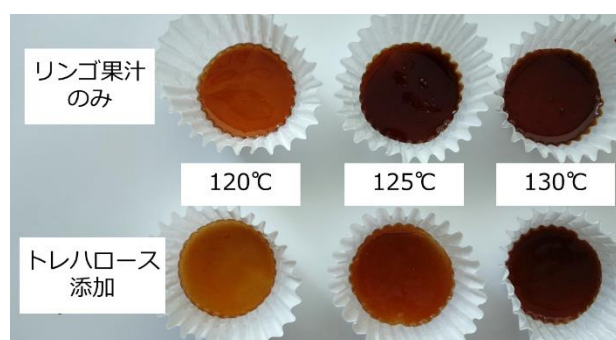


図1 試作したキャラメル生地の外観

表1 トレハロース添加及び加熱温度による最大荷重の比較 (n=5)

加熱温度[℃]		最大荷重[N]	
		リンゴ果汁のみ	トレハロース添加
120	試作1回目	0.15	0.59
	試作2回目	0.13	0.59
	試作3回目	0.94	0.07
125	試作1回目	0.21	0.22
	試作2回目	0.23	11.50
	試作3回目	0.67	4.65
130	試作1回目	0.13	142.54
	試作2回目	0.19	162.48
	試作3回目	0.49	166.82

表2 トレハロース添加及び加熱温度による
付着性の比較 (n=15)

加熱温度[℃]	付着性[J/m ³]	
	リンゴ果汁のみ	トレハロース添加
120	6198	11038
125	9978	22813
130	8791	39332

3. 1. 2. 付着性の軽減

キャラメル生地の付着性を軽減するため、トレハロースの他にバターを添加して試作を行った。バターに多く含まれる油脂には剥離性向上の働きがあるため、付着性を軽減する効果が期待できる。

試作したキャラメル生地の物性測定の結果を表3に示す。最大荷重には大きな差が無かったことから、バターを添加しても硬さへの影響は小さいと考えられた。一方、付着性については、トレハロースとバターを添加した場合の数値がトレハロースのみ添加した時の約6分の1だった。従って、バターを添加することによりキャラメル生地の付着性を軽減できることが明らかとなった。また、バターを添加したキャラメル生地を試食したところ、歯への付着が軽減されたことに加え、コクが増し風味良く仕上がることが確認された。

これらの試験結果から、リンゴ果汁にトレハロースとバターを添加して130[℃]以上に加熱することで、食感と食味に優れたキャラメル生地を加工できることが明らかとなった。

表3 バター添加による最大荷重及び付着性の比較 (n=10)

	トレハロース添加	トレハロース +バター添加
最大荷重[N]	70.33	83.12
付着性[J/m ³]	28836	4543

3. 2. 保存性の評価

3. 1. の試験結果を踏まえて、キャラメル生地にナッツ類を加えた和製フロランタンのレシピを応募企業と共に考案した。このレシピに基づき当所で作製したキャラメル生地とせんべい生地を25[℃]で保存し、水分活性とキャラメル生地に含まれる油脂の酸価・過酸化価を経時的に測定した。また、調湿したせんべい生地の物性を測定し、保存中の水分移行によるせんべい生地の物性変化について考察した。

3. 2. 1. 水分活性

キャラメル生地及びせんべい生地の水分活性の推移を図2に示す。初発（加工直後）の水分活性はキャラ

メル生地が0.30、せんべい生地が0.12だったが、キャラメル生地の水分活性は初発よりも低下し、反対にせんべい生地の水分活性は初発よりも上昇した。従って、製品の保存中にキャラメル生地の水分がせんべい生地に移行することが確認された。

今回開発した和製フロランタンの粗脂肪分は、材料の配合及び日本食品標準成分表2020年版（八訂）の栄養成分値から10[wt%]以上になると計算される。その場合、厚生労働省の菓子指導要領（昭和52年11月16日環食第248号）が定める「油脂の酸価が3を超え、かつ、過酸化価が30を超えるものであってはならない」そして「油脂の酸価が5を超え、又は過酸化価が50を超えるものであってはならない」という基準を満たすことが求められる。一般に、脂質は水分活性が0.3付近のときに最も酸化しにくいと言われている²⁾。キャラメル生地は保存中にこの水分活性を下回ったため、脂質の酸化に特に留意する必要があることが分かった。

物性に関しては、キャラメル生地は乾燥が進むことからベタつきが発生するリスクは低いと推測された。一方、せんべい生地は水分移行により吸湿するため、食感が変化する可能性が示唆された。

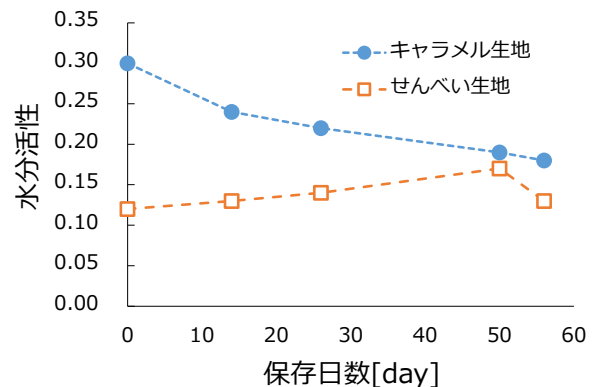


図2 キャラメル生地及びせんべい生地の水分活性の推移

3. 2. 2. キャラメル生地に含まれる油脂の酸価・過酸化価

キャラメル生地に含まれる油脂の酸価・過酸化価の推移を表4に示す。今回の保存条件では、いずれの期間も菓子指導要領の基準を下回っていた。

表4 キャラメル生地に含まれる油脂の
酸価・過酸化価の推移

保存日数[day]	酸価	過酸化価[meq/kg]
0	0.5以下	5以下
14	0.5以下	5以下
26	0.5以下	5以下
50	1	5以下
56	1	5以下

3. 2. 3. せんべい生地調湿による物性変化

調湿したせんべい生地の水分活性は、低い順から 0.10, 0.22, 0.31, 0.33, 0.39, 0.57 だった。これらのせんべい生地の最大荷重を図 3 に示す。水分活性 0.57 のせんべい生地のみ最大荷重が有意に大きく、破断点は確認できなかった（データ非掲載）。和田ら²⁾はせんべいが中～高湿度（RH=56～80%）で硬化することを報告しており、今回最大荷重が増加したのも吸湿により硬化が進んだためと推測された。一方、水分活性 0.10～0.39 のせんべい生地は物性値に差が無かったことから、この水分活性の範囲内であればせんべい生地は同様の物性を持つことが明らかとなった。

図 2 から、せんべい生地の保存中の水分活性は 0.10～0.39 の範囲内だったことが分かっている。従って、今回の保存条件においてせんべい生地の食感は殆ど変化しないと推測された。3. 2. 1. と 3. 2. 2. の試験結果と併せて考慮すると、本研究で開発した和製フロランタンは 25[℃]で 2 ヶ月保存できることが示唆された。

また、レシピや包装形態を変更しても、せんべい生地の水分活性を測定することで食感の変化の有無を予測することが可能となった。

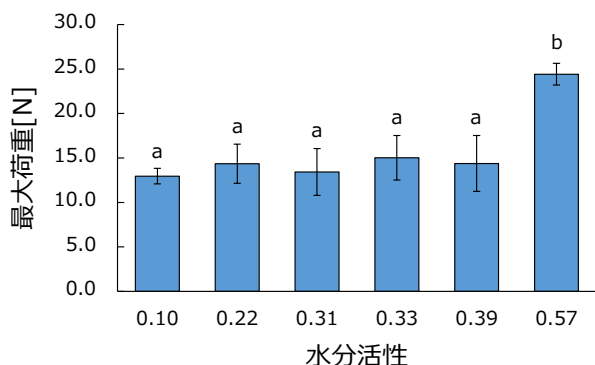


図 3 調湿したせんべい生地の最大荷重の比較 (n=5)

- 1) せんべい生地 1 枚につき 3 点測定し、中央値を代表値とした
- 2) エラーバーは標準偏差を示す
- 3) 異符号間は 1%水準で有意差あり (Tukey の多重比較)

4. 結言

リンゴ果汁を使用した和製フロランタンを開発するため、食品の T_g に着目し加工条件を変えて試作したキャラメル生地の物性を比較した。その結果、リンゴ果汁に T_g の高いトレハロースを添加し 130[℃]以上に加熱することで、キャラメル生地が安定して硬化することを明らかにした。更に、バターを添加することで付着性を軽減し、食感と食味に優れたキャラメル生地を加工できることが分かった。この試験結果を踏まえて応募企業と共にレシピを考案した。

製品の保存性を評価するため、レシピに基づき当所で作製したキャラメル生地とせんべい生地を 25[℃]で保存し、水分活性とキャラメル生地に含まれる油脂の酸価・過酸化価を経時的に測定した。その結果、保存中にキャラメル生地の水分がせんべい生地に移行することが確認された。キャラメル生地に含まれる油脂の酸価・過酸化価はいずれの期間も菓子指導要領の基準を下回っていた。また、調湿したせんべい生地の物性測定の結果から、保存中のせんべい生地の食感は殆ど変化しないと推測された。以上より、本研究で開発した和製フロランタンは 25[℃]で 2 ヶ月保存できることが示唆された。

参考文献

- 1) 川井清司. 糖質の物理的性状変化の解明と食品における利用. 応用糖質科学, 2020, P.24-28.
- 2) 矢野未右紀. 食品の水分活性について. あいち産業科学技術総合センターニュース. 2014, p.5.
- 3) 和田淑子, 肥後温子. 市販焼菓子の破断物性におよぼす水分及び温度の影響. 日本食品科学工学会誌, 2007, p.253-260.