

風船ポテトチップス作りの秘訣



川谷市立依佐美中学校 科学部 ポテチ班

3年 菘部 誉 佐野 充章

瀬尾 圭司 小野 佑晃

1 研究の動機

ポテトチップスの中には、大きく膨らんでいて中が空洞になっているものがたまにあり、普通のポテトチップスよりもサクッとした食感がおもしろいなあと思いました。家に帰ってみて、インターネットで調べてみると、「風船みたいに膨らむポテトチップス」が出てきました。(資料1)「これはおもしろい」と思って、科学部の仲間に話して実際につくってみました。



しかし、成功は25枚揚げて2枚だけでした。「どうしたら膨らませることができるんだろう」「どうして膨らむんだろう」と疑問は深まるばかりです。この謎に迫るため、そして風船ポテトチップスを簡単に作れるようにするため、科学部の仲間と研究をすることにしました。

2 研究の目的

風船ポテトチップスが膨らむ仕組みを明らかにし、風船ポテトチップスを簡単に作れるようにする。

3 研究の内容

(1) 予備実験

最初に揚げたときは成功率が低かったので、成功率を上げる方法を調べることにしました。まずはレシピに忠実につくことにしました。

予備実験1 レシピに忠実につくってみる

○実験方法

以下のレシピ(参考サイト 膨らませて揚げたポテトチップス〔ホームメイドクッキング〕All About <http://allabout.co.jp/gm/gc/405924/photo/985217/>)を元に作りました。

<レシピ>

- 1.じゃがいもの皮をむき、2~3ミリ厚にスライスする。
- 2.じゃがいもの端の色が白い部分を、スジぎりぎりまで削りとって、上下を面取りする。
- 3.サッと水で洗って水気をふいて、低温の油に入れて、鍋を絶えず回しながら170℃ぐらいの温度に保って、気長に揚げる。
- 4.ポテトの表面にぷつぷつと小さな膨らみができてきて、これはいけそうだなと判断したら高温に熱したもう1つの油鍋に入れる。ここでふわっと膨らむ。
- 5.膨らんだら上下を返しながらじっくり、かりっと揚げる。塩をふりかけて食べる。

特に、170℃ぐらいの温度に「保って」と書いてあるところが、うまくできませんでした。じゃがいもを油に入れると、油の温度が下がってしまいます。そこで、じゃがいもを入れる量を一度に4、5枚ずつにし、鍋を火から下ろしたりかけたりを繰り返して、常に温度を測りながら、できるかぎり温度を一定に保って実験していきました。

○結果

61枚中13枚が成功。(内 ○が3枚 △が10枚)

※○はきれいに風船になったもの。△は風船にはなっていないが、膨らんだ部分が多いも

資料2

初めて成功したもの



の。△までを成功の基準とした。

難しいとレシピに書かれていた通り、忠実に再現したつもりでも成功確率は低くなりました。そこで、成功確率を上げるためにはどうしたらよいかを調べるために条件を変えて調べていくことにしました。また、低温の鍋から高温の鍋に移すタイミングが難しいと感じたので、たくさんのデータをとって結果を比べることにしました。

また、これからレシピの手順2のすじ取りは省略することにしました。すじはじゃがいもの維管束の部分にあたり、その部分は膨らまないことが分かりました。すじを付けたままでも中央の部分は上手く膨らみます。きれいな形に見せるためにその手順を踏んでいるだけだと思われます。

まず、膨らませるのに一番大切なのは油の温度ではないかと考えました。そこで、油の温度を変えて実験を行うことにしました。

予備実験2 適切な油の温度を探す

○実験方法

次のような条件で実験を行いました。

- ・変えない条件・・・メーカーインを使用。厚さ3mm程度。サッと水で洗って水気をふく。
- ・変える条件・・・最初に揚げる油の温度を150℃、160℃、170℃（実験済み）、180℃、190℃とする。

○結果

	150℃	160℃	170℃	180℃	190℃
実験数	22	54	61	48	24
○	0	8	3	2	0
△	0	5	13	2	4
成功率(%)	0	24.1	26.2	8.3	4.2

※成功率は10分の1の位で四捨五入した。以後の実験でも同様とする。

温度が高すぎても低すぎても上手く膨らまないことが分かりました。150℃だと小さな泡ができず膨らむ気配がありませんでした。190℃だとすぐに表面がカリカリになってしまい、高温の鍋に移し替えても変化がありませんでした。

160℃から170℃くらいに温度を保つことが重要だと分かりました。以後の実験では一番成功率の高かった170℃の油で実験を行うことにしました。

次は、じゃがいもの厚さによっても膨らみやすさは変わるのではないかと考えたので、3mmの厚さ以外でも実験していくことにしました。



資料3 実験の様子

予備実験3 適切なじゃがいもの厚さを探す

次のような条件で実験を行いました。

○実験方法

- ・変えない条件・・・メーカーインを使用。1つ目の鍋の油の温度170℃。サッと水で洗って水気をふく。

・変える条件…1mm 程度、2mm 程度、3mm 程度、(実験済み)、4mm 程度の厚さで実験する。厚さ調節ができるスライサーを使用するが、0.2mm 前後の誤差が出る。

○結果

	1mm	2mm	3mm	4mm
実験数	16	24	61	23
○	0	1	3	0
△	0	2	13	1
成功率 (%)	0	12.5	26.2	4.3

1mm の厚さだとすぐに揚がってしまい、膨らむ様子は全く見られませんでした。2mm、4mm の時だと膨らむ様子は見られましたが、少しだけで風船のようにはあまりなりませんでした。

次にメイクイン以外の品種のじゃがいもだと膨らみややすさが変わるのか調べました。

予備実験4 適切な品種を探す

次のような条件で実験を行いました。

○実験方法

- ・変えない条件…厚さ 3mm 程度。1つ目の鍋の油の温度 170℃。サッと水で洗って水気をふく。
- ・変える条件…男爵いも、メイクイン (実験済み)、北あかりの 3 種類で実験。

○結果

	男爵いも	メイクイン	北あかり
実験数	41	61	62
○	2	3	1
△	4	13	8
成功率 (%)	14.6	26.2	14.5

他の品種でも膨らみましたが、メイクインが一番膨らむ確率が高くなりました。

次は、水気を変えて実験を行いました。

予備実験5 水気を変える

次のような条件で実験を行いました。

○実験方法

- ・変えない条件…メイクインを使用。厚さ 3mm 程度。1つ目の鍋の油の温度 170℃。
- ・変える条件…水で洗わず、そのまま。サッと水で洗って水気をふく。(実験済み) 水で洗ったあと水気をふかない。

○結果

	そのまま	水気をふく	水気をふかない
実験数	25	61	22
○	1	3	1
△	7	13	5
成功率 (%)	32	26.2	27.3

水気によってはあまり変わらない結果になりました。

ここまで、たくさんの予備実験を通して、成功確率は低いままでした。もっと成功率

をあげるためにも、「なぜじゃがいもが風船みたいに膨らむのか」、その原因をつきとめることで成功確率をあげることができると考え、研究を進めることにしました。

(2) じゃがいもが膨らむ原因をさぐる

まず、今までの実験の様子を見ていて、次のような仮説を立てました。

仮説1 油で揚げるとじゃがいもの表面にデンプンの膜ができて、中の水分が水蒸気になることによりじゃがいもが膨らむ。

この仮説が正しいかどうか追究していきました。

実験1 じゃがいもの水分をとばし、膨らむのに水分が必要か調べる

○実験方法

メークインを3mmにスライスして重さを量り、ドライヤーで乾かした後の重さを量る。乾かしたものを油で揚げ、膨らむかどうか調べる。

○予想

水分がなければ、じゃがいもは膨らまないはずである。

○結果

3mmにスライスした直後・・・105.2g

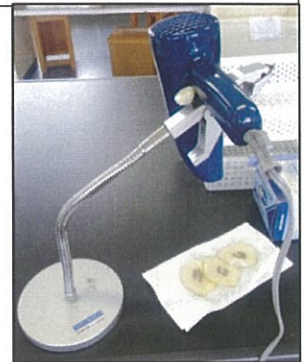
ドライヤーで十分に乾かした後・・・54.0g

十分に乾かしたじゃがいもを油で揚げると、全く膨らむ気配がありませんでした。食べてみると、ほぼ粉の塊のようになってしまい、味がひどく、中は気泡すらありませんでした。

じゃがいもが膨らむには「水分は必要である」ということが分かりました。

次に、油が必要かどうか調べることにしました。

資料4 ドライヤーで乾かす



実験2 電子レンジでノンオイルポテトチップスをつくり、膨らむのに油が必要かどうかを調べる

○実験方法

メークインを3mmにスライスして、電子レンジで温める。

○予想

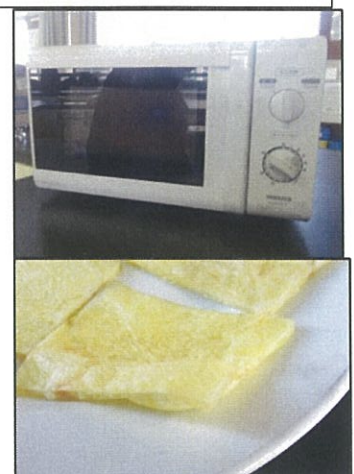
油がないと、膜ができず、上手く膨らまないはずである。

○結果

資料5の写真下の通り、じゃがいもは膨らみました。じゃがいもが膨らむのに「油は必要ない」ということが分かりました。

次にじゃがいもが膨らむためにデンプンが必要かどうか追究しました。

資料5 電子レンジを使って



実験3 じゃがいも以外のものを揚げ、膨らむのにデンプンが必要かどうか調べる

○実験方法

さつまいも、里芋、にんじん、りんご、かぼちゃを3mmにスライスして、170℃の油で揚げた後、高温の油で揚げる。うどん、餃子の皮は市販のものをそのまま揚げる。

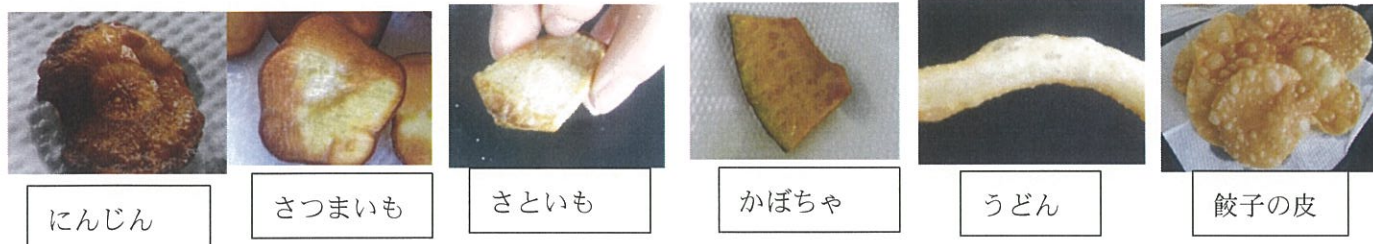
○予想

にんじん、りんごはデンプンをほとんど含まないので膨らまないはずである。

○結果

	さつまいも	里芋	にんじん	りんご	かぼちゃ	うどん	餃子の皮
実験数	28	18	54	20	26	揚げると確実に内部に気泡ができる。	
○	0	1	0	0	0		
△	6	1	1	0	2		
成功率 (%)	21.4	11.1	1.9	0	7.7		

資料6 一部膨らんだ様子



予想通り、にんじんとりんごは膨らみませんでした。にんじんは少し膨らみましたが、調べると微量ながらデンプンを含んでいることが分かりました。里芋やかぼちゃはあまり膨らみはしませんでした。たくさんの気泡ができていました。さつまいもはじゃがいもと同様に膨らむ様子が見られました。

また、うどんや餃子の皮は風船のように大きく膨らまないまでも、中には無数の気泡ができ、膨らんでいると考えられました。

以上より、膨らむのにデンプンは必要だと考えられます。

これまでの実験で仮説1は油が必要条件ではなかった以外は正しいと考えられます。加えて、うどんを膨らませる実験をして佐野くんがあることに気がつきました。「うどんの膨らみ方っておもちに似てるよね」と。そこで、新たな仮説を立てました。

仮説2 じゃがいもがある温度に達したとき、内部のデンプンがもちのようになり、膨らむのではないか。

こう考えると、電子レンジでじゃがいもが膨らんだのも納得がいきます。この仮説が正しいか実験していくことにしました。じゃがいもデンプンは市販の片栗粉と同じなので、片栗粉を練ってみました。しかし、粉を練っただけではもちのようにはならなかった。片栗粉に水を加えて練って行きました。ただ、それでももちのようにはならなかった。水分量を変えつつ油で揚げてみることにしました。

実験4 片栗粉を水を加えて練ったものが膨らむか調べる

○実験方法

片栗粉（じゃがいもデンプン）50gに加える水の量を30g、40g、50gと変えて混ぜ、せんべいのような形に引き伸ばし、170℃の油で揚げた後、さらに高温の油に移した。

※加える水の量が20gだと粉っぽくなり成形できない。

60gにするとべちゃべちゃになってしまい成形できない。

○予想

デンプンと水分さえあれば、膨らむことは可能であろう。水分量が多いほど、大きく膨らむであろう。

○結果

すべて成功しました。予想通り、水分量が多いほど大きく膨らみました。また、無数の気泡ができ膨らみますが、片栗粉と水を50gずつ混ぜたときに風船ように膨らんだときは、まさしくおもちが膨らんでいる様子と一緒にでした。(資料7)

水分量	30g	40g	50g
実験数	15	18	20
○	15	18	20
△	0	0	0
成功率(%)	100	100	100

資料7 片栗粉50gと水50gを混ぜて揚げたもの

また、実験1の結果から、じゃがいもの水分量は全体の半分ほどと考えられるので、じゃがいもが膨らむとき、じゃがいもの内部では似たような状態になっていると考えられます。

次にもちのようになるときは温度がどれくらいのときか調べていくことにしました。



実験5 温度によってデンプンがどう変わるか

○実験方法

水溶性片栗粉を鍋に入れて熱し、温度を測りながら観察する。

また、片栗粉に水を加えデンプン玉をつくり、揚げたときの内部の温度変化を確かめながら内部がもち状になったときの温度を計る。

資料8

水溶性片栗粉を熱してどろどろになった様子(100℃付近)

デンプン玉の中の温度を計っている様子



○予想

インターネットで調べたことによると55℃~66℃ほどで、デンプンが糊化をおこすことがわかったので、もち状になるのは66℃を越えたあたりぐらいだと考えた。

○結果

- ・水溶性片栗粉は67℃付近からとろみが付き始めた。
- ・とろみが付き始めてから熱し続けていると、粘度は増していく。
- ・温度上昇は100℃付近で止まり、粘度が増すのも止まる。
- ・デンプン玉の中がもちのような弾力になったときの温度は100℃付近である。

もち状になるのは、糊化を始めてからもっと温度が高くなってからだということが分かりました。じゃがいもの内部の温度が100℃付近まで上がってくることが膨らむのに必要な条件なのではないかと考えられます。

これまでの実験の成果からじゃがいもが膨らむには、じゃがいも内の温度が重要ではないかと考えました。そのために油の温度とじゃがいもの厚さの関係が丁度よいときに一番膨らみやすいと考えました。何度も実験していると分かってきたのは

- ・油の温度が高過ぎると、中の温度がほどよくなる前に表面が焦げてカリカリになり、膨らまなくなる
 - ・油の温度が低すぎると、中の温度がほどよくなる前に表面の水分が飛ばされてカリカリになり、膨らまなくなる
- ということです。

(3) 風船ポテトチップス成功の秘訣にせまる

じゃがいもが風船のように膨らむ仕組みは少しずつ見えてきました。丁度よい油の温度、じゃがいもの厚さ、揚げる時間が膨らむはずです。今までの実験をもとに成功率を高めていくことにしました。

しかし、丁度よい油の温度、じゃがいもの厚さ、揚げる時間が見つければよいと思い試行錯誤を続けましたが、思うように成功率が上がらず、研究は暗礁にのりあげてしまいました。

そんな中、蓑部くんがインターネットからある情報を仕入れてきました。研究していた風船ポテトチップスはフランス料理に存在していたということです。料理名はポテトボンボン（ポムスフレ）と呼ばれ、メインディッシュの付け合わせに使われることがあります。ポテトボンボン、ポムスフレでインターネットで検索すると、作り方が他にもヒットしてきました。中でも次のレシピ通りに行うとかなりの確率で成功することができました。

<レシピ>

【芋の種類】「メイクイン」

【形】「直方体に整えて繊維に沿って縦にスライス」

皮から5ミリ位の所で膨らみが止まっているものがいくつかありました。直方体に整えると芯の部分だけが残り全体がしっかり膨らむようです。厚めに皮をむくことでも同じ効果が得られるかもしれません。

【厚さ】「2～3mm」

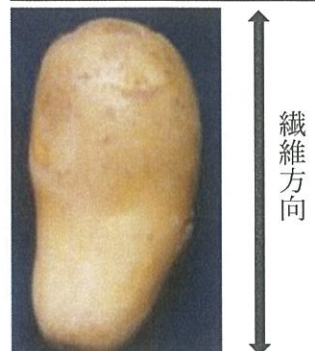
【油の温度】「低温→160℃ 高温190℃」

【取り出すタイミング】「7分前後」

参考 HP ポテトボンボン（ポムスフレ）の覚書より抜粋

することができました。成功確率は54.2%で初めて5割を越えました。中でも、繊維方向の違いは今まで着目できていなかった。この形と繊維方向は右の写真のようになります。今までの実験では、スライサーでカットしやすいのが繊維方向に垂直の方向だったので、繊維方向に沿ってスライスしたことはありませんでした。繊維方向とは目にうろこでした。また、じゃがいもの芯の方がふくらみやすいように場所によって膨らみやすさが違うのではないかとすることも考えられます。そこで、次の仮説を考えました。

資料9 メイクインの形と繊維方向



仮説3 ジャガイモが膨らむときに、繊維方向に沿って内部がはがれる方が弱い力で済むので、繊維方向にジャガイモをスライスするのが成功の秘訣である。また、ジャガイモの端の部分は膨らみにくいので、切り落とした方がよい。

まず、繊維方向による組織の違いがあるかどうか顕微鏡で比べてみることにしました。

実験6 顕微鏡で繊維方向の違いを調べる

○実験方法

ジャガイモを繊維方向に沿った方向と繊維方向に垂直な方向に薄くスライスしたものをスライドガラスに載せ、顕微鏡で観察する。

○予想

繊維と繊維の間に隙間などが見られ、繊維方向に沿ってはがれやすい要因が見つかるのではないか。

○結果

資料10のようになりました。丸く写っているのがジャガイモのデンプンで、細胞壁を見やすくするためにできる限り洗い流してから観察しました。多少繊維方向に沿ってスライスしたもののほうが細胞壁が縦長になっていました。しかし、隙間は見られず、はがれやすい要因をつかむことはできませんでした。

顕微鏡ではよく分からなかったので、次は繊維方向によってはがれるときにかかる力が変わるかを調べていくことにしました。

実験7 繊維方向によってはがれるときの力に差があるか調べる

○実験方法

メークインを繊維方向に沿って3mmにスライスしたものと、繊維方向に垂直な方向で3mmにスライスしたものを用意する。それを短冊状に切り、切り込みを入れて資料11のようなジャガイモ片を用意する。資料12のような装置にジャガイモ片を取り付けて、力を加えて引きはがし、はがれたときにかかった力を測定した。

繊維方向に沿ってスライスした片を引きはがすと繊維方向に逆らってはがすことになり、繊維方向に垂直な方向でスライスした片を引きはがすと繊維方向に沿ってはがすことになる。

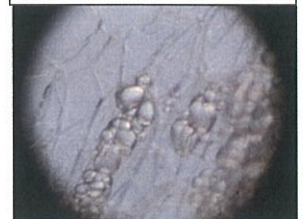
ジャガイモ片の場所や、力のかけ方など、実験誤差が大きいと考えられるので、30回測定し平均を求めた。

○予想

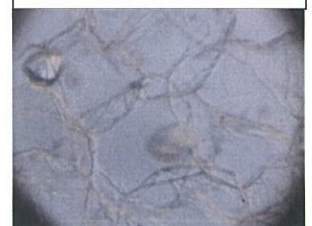
繊維方向に沿ってはがす方が繊維方向に逆らってはがすより、弱い力で引きはがすことができる。

資料10

顕微鏡での観察
繊維方向にスライスしたもの

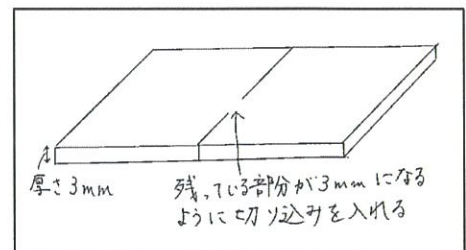


繊維方向に垂直にスライスしたもの



資料11

実験で使用するジャガイモ片



資料12



○結果

繊維方向に沿ってはがす (g)	310	220	190	280	270	230	270	290	230	240	平均 251.3 g
	240	260	280	270	230	190	250	240	230	250	
	270	260	270	240	290	280	230	250	260	220	
繊維方向に逆らってはがす (g)	230	330	230	400	260	330	330	280	360	370	平均 345g
	430	480	360	480	270	430	470	430	370	420	
	440	260	370	240	260	390	230	240	320	340	

予想通り、繊維方向に沿ってはがした方が弱い力ではがれることが分かりました。すなわち、繊維方向に沿ってスライスしたじゃがいもの方がじゃがいも内部がはがれやすく、風船ポテトチップスがしやすいと考えられます。

次に、じゃがいもの芯の方が膨らみやすいのは本当か、実験しました。

実験8 じゃがいもの場所によってふくらみやすさが違うか調べる

○実験方法

実験7のようにメイクインを使用し、繊維方向に沿ってはがすじゃがいも片をつくる。同じじゃがいも片から、皮の位置から芯に向かって、1cmのところ、2cmのところではがして力を測定する。

○予想

皮から2cmの方が、芯の位置に近いので、弱い力ではがれるだろう。

○結果

実験回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1cm	240	230	230	300	320	400	210	400	240	240	281g
2cm	220	240	140	210	190	250	200	250	220	260	218g

予想通り、芯の位置に近い方が弱い力ではがれることが分かりました。

実験7、8の結果より仮説3は正しいと考えられます。

次に、メイクインを使用するのはなぜなのか、次のような仮説を立てて追究していくことにしました。

ここまでの研究で、風船ポテトチップスを作り出す秘訣はかなり解明できたと思います。今までの秘訣が正しいと照明するためにも次のような仮説を立て、実験を行いました。

仮説4 1mmの薄いじゃがいもでも、繊維方向や端の方を使わないこと、内部の温度が丁度よいタイミングで高温の油に移すことを心がければ膨らむはずである。

予備実験3のときに一枚も成功しなかった厚さ1mmの風船ポテトチップス作りを行いました。

実験10 厚さ1mmの風船ポテトチップスをつくる

○実験方法

メイクインの端を切り落として直方体にし、繊維方向に沿って厚さ1mmにスライスしたものを揚げる。内部の温度が丁度よくなるように、低温の油の温度と揚げる時間を変えながら、一番成功率の高い温度と時間を探る。

○予想

油は低い温度で、気長に揚げられるようにすれば成功する。

○結果

120℃の油で5分ほど揚げてから、180℃の油に移すと高確率で風船ポテトチップスができあがりました。成功確率は29枚中27枚成功(内○10 △17)で93.1%でした。ここまで成功確率が上がったのは、小野くんがある発見をしたことも大きいです。今までは低温でじゃがいもを揚げているときに表面の小さなぼつぼつの出来具合を見ていましたが、じゃがいもが若干透き通ってきたときに高温の油に移すタイミングということが分かりました。内部がもちのようになるところと考えられるので、このタイミングは今までの研究からも納得できました。

最初は成功確率が2～3割でしたが、これまでの研究の理論を元に、薄い風船ポテトチップスでも成功率9割越えを達成することができました。

4 研究の成果

＜ポテトチップスが風船みたいに膨らむ原理＞

加熱することでデンプンが糊化を起こし、内部の水が水蒸気になったときに、もちのように膨れあがることによってできる。

＜風船ポテトチップスを成功させる秘訣＞

★じゃがいもの厚さにより、一つ目に入れる油の最適な温度がある。

- ・内部が透き通ってきたときに高温の油へ移し替えるタイミングである。
- ・一つ目の油の温度は、内部の温度が上がりきる前に表面がカリカリに揚がってしまうようでは高すぎ、内部の温度が揚がりきる前に表面の水分が飛ばされてしまうようでは低すぎる。

★じゃがいもは繊維方向に沿ってスライスしたものを使う。

- ・繊維方向がわかりやすいのがメイクインである。
- ・じゃがいもが膨らむときに繊維同士がはがれやすくするためである。

★じゃがいもの端の部分は使わない。

- ・じゃがいもの端の方が、引きはがれるのに大きな力を使うため。

最後に、今までの理論を用いて、風船ポテトチップスをつくるための最適な厚さと油の温度、揚げる時間を探りました。そして、最適な方法を見つけました。

＜絶対に成功できる風船ポテトチップスの作り方＞

1. メイクインの端を切りおとし、直方体にする。
2. 直方体のメイクインを厚さ2mm程度に繊維方向に沿ってスライスする

3. 120℃の油で5分ほど揚げ、じゃがいもが若干透き通ってきたタイミングで180℃の油に移す。

30枚中、○が24枚、△が6枚と成功率は100%になりました。特に、風船ポテトチップス完全成功の形になる率は80%まで上げることができました。

資料13 厚さ1mmの風船ポテトチップス



資料14 つくった風船ポテトチップス

