

IoT 機器を用いた麺の簡易乾燥(II)* ～半生麺の乾燥制御～

武山 進一**

既報¹⁾では、麺の調湿乾燥に家庭用除湿機等の機器を用いた簡易設備による乾麺製造法を報告した。今回、同じ手法及び設備を用い、半生麺の乾燥法を検討した。乾燥後の麺水分を一定にするため、麺水分を基にした乾燥制御を実施したので報告する。

キーワード：IoT 機器、Raspberry Pi、半生麺、簡易乾燥

Simple Drying of Noodles Using IoT Devices (II)

TAKEYAMA Shinichi

Key words: IoT devices, raspberry Pi, semi-dried noodles, simple drying

1 はじめに

半生麺は、麺を半乾燥することで生麺の食感や美味しさを残しつつ脱酸素包装で保存性を高めた商品で、主にお土産用として販売されている。コロナ渦を機に麺料理の事業者の中には自家製麺の外販を検討する事例もあり、半生麺への関心も高くなっている。このようなニーズに対応するため、令和3年度に実施した「IoT 機器による麺の簡易乾燥」¹⁾で構築した手法・設備を基に、半生麺のための乾燥制御に取り組むこととした。

半生麺に関しては、「生めん類の表示に関する公正競争規約施行規則の逐条解説（公正取引委員会）」²⁾において、「半生めんとは、常法で製造された生めんを、常温又は加熱空気、或いは湿熱空気を使用することにより、乾めん類よりも高水分の段階で乾燥を止めたものをいう。半生製品の水分は20～27%程度で生めんの特徴に近く、乾めんの欠点を除こうとして土産物を中心に開発されたもの」と解説されている。

そこで、今回の取組みでは、前記の簡易乾燥と同様に常温で乾燥を行なうこととし、麺水分に関しては逐条解説記載の範囲20～27%の中間値である23.5%を目標値に設定し、検討することにした。

2 実験方法

2-1 製麺方法

麺の原料は、小麦粉「金すずらん」、「道産子U」（いずれも日清製粉株式会社製）を使用した。原料粉1kgに対し、食塩3%、リンゴ酸0.15%、70%アルコール2%、加水率33%の配合とし、切刃10番角、麺帯1.5mm厚でロール製麺した。

製麺後の麺は直ちに竿（ステンレス製パイプ）に掛け、

その竿を大型のステンレス製室内物干しに固定し、麺線の長さを約3m（片側約1.5m）に調整して麺を切断し乾燥した。

乾燥後の半生麺は120gずつ、ガスバリアー性フィルム袋「バリア OP Y タイプ規格袋 No.11A」（0.06mm×180mm×280mm、福助工業株式会社）に、脱酸素剤「バイタロン RH-250S」（株式会社常盤産業）、酸素検知剤（錠剤タイプ、株式会社常盤産業）とともに入れ、シールした。

2-2 実験環境、乾燥機器類

麺の乾燥に関わる環境、機材機器類は、既報¹⁾の通りとした。すなわち、乾燥室には広さ21m²（約13畳）の実験室を充て、乾燥にはサーキュレーター衣類乾燥除湿機 IJDC-K80、気化ハイブリッド加湿器 HVH-700R1（いずれもアイリスオーヤマ）を用い、それらの操作パネルのボタン部分に無線式スイッチ操作機器 SwitchBot ボット（SwitchBot 株式会社）を適宜取付け、機器制御用コンピュータから無線（bluetooth 方式）でそれらのボタンを操作する仕組みをとった。

なお、乾麺乾燥の取組みにおいて、冬期の低温及び低湿度対策として、乾燥機材類全体をポリエチレンシートで覆いビニルハウス状の密閉環境とすることで湿度制御が容易となったため、季節に関わらず同様の環境で乾燥を行なうこととした。

2-3 機器制御用コンピュータ及び各種センサー

機器制御用コンピュータ、各種センサー類は、既報¹⁾の通りとした。すなわち、シングルボードコンピュータ Raspberry Pi 4 Model B(4GB)に、温度湿度測定のための高

* 令和5年度技術シーズ創生・発展研究（可能性調査研究）

** 食品技術部

精度温湿度センサーSHT31（SENSIRION 社）、麺の乾燥時の麺重量測定のための 2kg 用ロードセル（シングルポイント、ビーム型、Sensor and Control Co. Ltd.）を、それぞれ GPIO ポート経由で接続し、また麺の乾燥状態撮影用として C270n HD ウェブカメラ（ロジクール社）を USB 接続した。

2-4 機器制御用プログラム

機器制御用プログラムは、プログラム言語 python で作成した。既報¹⁾に記載の乾麺用に作成した乾燥制御プログラムをメインとして用い、乾燥の途中段階より、半生麺用として麺水分を基にした乾燥制御を行なうプログラムに引き継ぎ構成とした。それらの処理概要を図 1 に示す。

2-4-1 乾燥制御メインプログラム

麺乾燥のための機器制御用プログラムの機能等は概ね既報¹⁾に記載の通りである。収集した湿度実測値と予め設定しておいた目標湿度を比較して、除湿機能の ON/OFF 制御（除湿ボタン操作）を行なうもので、このとき測定湿度が設定値を下回った場合に除湿機能を止め、設定した待機時間後に除湿機能を再開するという処理ロジックとし、一連のすべての処理を 1 分間隔で実行した。設定項目は、目標湿度と待機時間であり、それらをステップと称し（奇数ステップは湿度値、偶数ステップは時間）、湿度を徐々に低下させる内容での設定組合せを CSV ファイルとして作成しておき、プログラム開始時に読み込ませるつくりとしている。今回使用した設定内容を表 1 に示す。

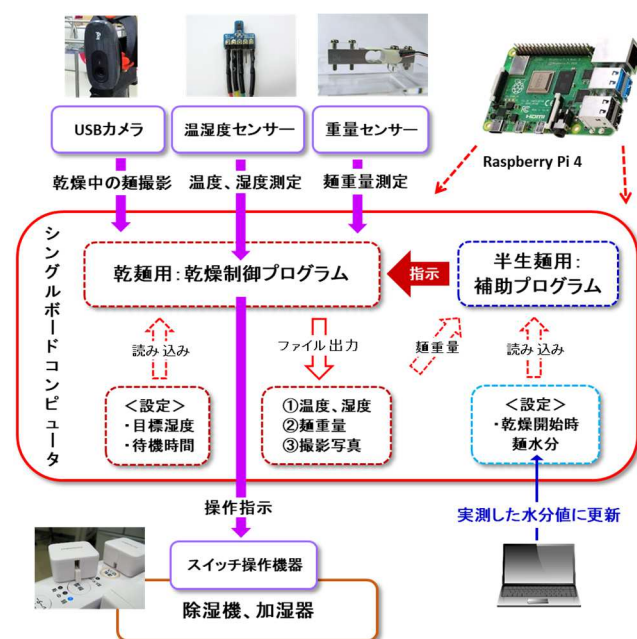


図 1 処理概要ダイアグラム

2-4-2 半生麺乾燥用補助プログラム

麺の乾燥を麺水分の目標値で終えるため、乾燥中の麺水分を基にした乾燥制御を行なう補助プログラムを作成した。乾燥開始時の生麺水分値、制御開始水分値、乾燥終了水分値、ならびにその間を緩慢乾燥時間（分）として設定し、制御開始水分値に達したら乾燥制御メインプログラムから処理を引き継ぎ、緩慢乾燥時間の前半 1/2 では除湿器を完全停止させ、緩慢乾燥時間の後半 1/2 経過した時点でその間における乾燥速度を算出し、後半 1/2 内に乾燥終了水分値に達する様、必要があれば除湿器を適宜稼働させる処理内容とし、半生麺の乾燥を行なう処理とした。なお、麺水分計算の基となる乾燥開始時の生麺水分値に関しては、乾燥開始時には仮の値（推定値）を設定しておくが、乾燥中に求められた実測結果を反映させるため、1 分間隔で設定ファイルを読み込むつくりとしている。今回用いた設定ファイル内容の一例を表 2 に示す。

2-5 水分測定

麺の水分測定は、前処理としてミル（IFM-C20G、岩谷産業）で粉碎処理後に、水分測定用アルミ製容器を用いる方法により 135℃、1 時間乾燥で測定した。なお、乾燥法での水分測定のため、麺に配合したエタノールを含む見掛けの水分値となる。また、乾燥終了後の麺では、竿掛けにより麺線の上部と下部に水分差が生じていたため、麺線単位でのサンプリングを行ない試料として用いた。

表 1 湿度、待機時間の設定例

Step No.	時間 (分)	湿度 (%)
0	10	
1		72
2	10	
3		70
4	10	
5		68
6	10	
7		66
8	10	
9		65
10	10	
11		65
12	120	

表 2 半生麺乾燥補助プログラム用の設定内容（例）

項目	値
生麺水分値 (%)	32.5
制御開始水分値 (%)	25
最終水分値 (%)	23.5
緩慢乾燥時間 (分)	60

2-6 水分活性測定

水分測定用と同様に前処理した試料について、水分活性測定器アクアラブ Series 4TEV (デカゴン社) を用いて測定した。

2-7 水分活性測定

半生麺の色差は、分光色彩計 SD500 (日本電色工業製) を用い、6mm φ 試料台の上に麺線 3 本を並べ、測定径 6mm φ、SCE (正反射光抜き) モードで測定した。

2-8 水分活性測定

定法により、標準寒天培地で 35°C、48 時間培養してカウントした。なお、300 CFU/g 以下の場合、陰性 (－) とした。

3 結果及び考察

3-1 乾燥条件の検討

3-1-1 緩慢乾燥の検討

本試験では半生麺乾燥終了時の目標水分値を 23.5% に設定しており、この半乾燥状態だと麺線に柔軟性があり、麺線に乾燥過程で一時的に反り等の変形が生じても支障なかった。この点は一旦変形が生じると戻らなくなる乾麺の場合とは大きく異なるものであり、乾燥速度を上げることが出来た。しかしながら、一時的ながら反り等の変形が生じるのは、麺線の表面部分と内部の乾燥程度に大きな差が起きていることによるもので、なお且つこの状態の麺線は表面部分のみが硬く内部は柔らかいままであることから、大変折れ易い状態であった。その対策として、乾燥終了後に除湿を止め約 1 時間放置したところ、麺に柔軟性が戻り、麺線が折れたりすることなく半生麺が回収でき、裁断～袋詰め作業が支障なく行えた。

この時の麺水分、湿度、温度のプロット結果を図 2 に示す。

乾燥時の設定は、湿度は乾麺の乾燥の場合同様 72%～66%間を 2%ずつ低下させた後 65%維持とし、その間の待機時間を各 10 分 (乾麺の場合は 60 分) とすることで、

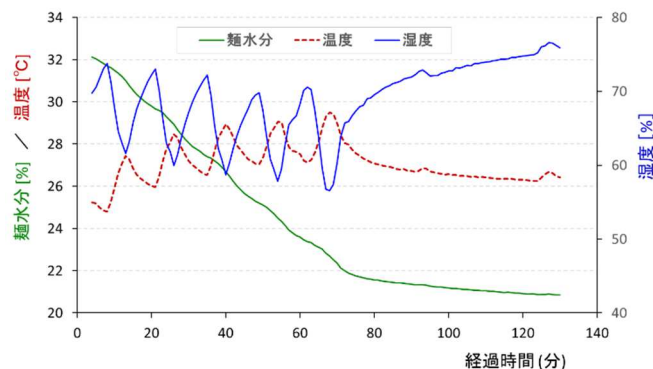


図 2 間欠除湿時及び除湿停止時の半生麺水分の変化

目標麺水分 (23.5%) までの乾燥を約 1 時間で行なえた。乾燥終了後の放置時間中にも乾燥が進んだことから、目標値をさらに下回る結果となったものの、乾燥終了前に緩慢乾燥を行なう必要性を確認出来た。

3-1-2 麺水分量に基づく乾燥制御

目標の麺水分前に約 1 時間の緩慢乾燥を行なうことで、半生麺に柔軟性が戻る事がわかったことから、この緩慢乾燥時の水分減少分を見込んで、緩慢乾燥を前倒しする乾燥試験を行なったものの、目標麺水分に合わせることは困難であった。緩慢乾燥時における乾燥速度はその際の温度を受け一定ではなく、また乾燥開始時の麺水分量に関しても、例えば竿掛けに手間取ったりすると乾燥が進行してしまい一定ではなかった。そこで、毎回乾燥開始時の麺水分を実測し、その麺水分量に基づく乾燥制御を行なうことを考え、その為の補助プログラムを作成した。具体的には、緩慢乾燥開始時の麺水分 (25% に設定) に達したら、緩慢乾燥時間 (1 時間) の前半は除湿器を完全停止させることで麺線内の水分均一化を促し、後半の時間内に必要があれば追加の乾燥を行ない目標麺水分に調整させることにした。これは、緩慢乾燥の前半における乾燥速度を計算することで、後半終了時の麺水分を予想し、この値から目標値を差し引いた差がプラス側であれば、除湿器を一時的に再稼働してその差分の乾燥のみを行なうもので、あとは麺の水分監視を継続することで、目標水分に達した時点で乾燥制御を終えるつくりとした。

この実測した麺水分量に基づく乾燥制御の実施結果を図 3 に示す。

このときの結果では、緩慢乾燥の後半開始時に追加乾燥が実行され麺の乾燥が速まり、緩慢乾燥約 1 時間で目的の麺水分値で乾燥を終えたことになる。

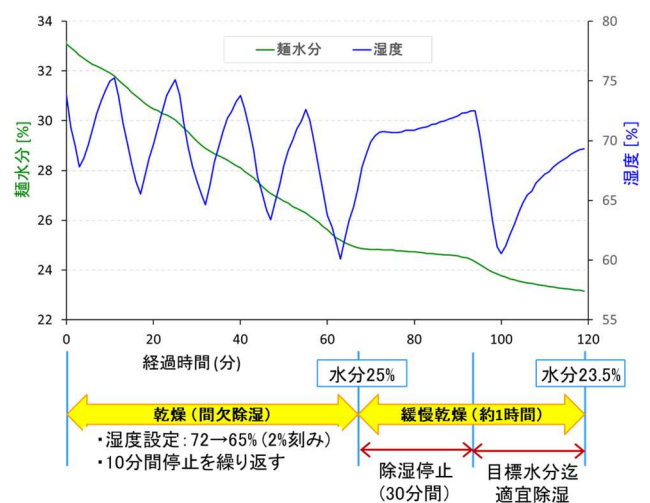


図 3 乾燥制御における湿度、半生麺水分の変化

3-2 半生麺試作品の品質

3-2-1 水分活性値

今回の半生麺試作では麺水分の目標を 23.5%と設定しているが、その麺の乾燥状態を把握する目的で水分活性も測定した。なお、露点式による水分活性測定結果は、エタノールの影響を受けるため、あくまで相対的な指標として用いることとした。そして試作の検討段階においては乾燥状態がバラついたことから、目標値とその前後での水分活性値を得た。麺水分範囲 21~25%での水分活性値の結果を図 4 に示す。

結果より、今回の配合の場合には目標水分 23.5%での水分活性値は 0.87 前後であることが判った。また、水分と水分活性値は高い相関性を示していることから、測定が短時間で済む水分活性値から麺水分を計算し、乾燥終了の判断に用いることが可能と考えられた。

3-2-2 30℃ 保存時での一般生菌数変化

半生麺の水分は 20~27%程度とされ、またその乾燥を含む製造法や設備もメーカー毎に異なるため、市販される半生麺の賞味期限も概ね 30~90 日と幅がある。今回の製法による半生麺の保存性について、30℃ 保存試験を実施して賞味期限を設定することにした。

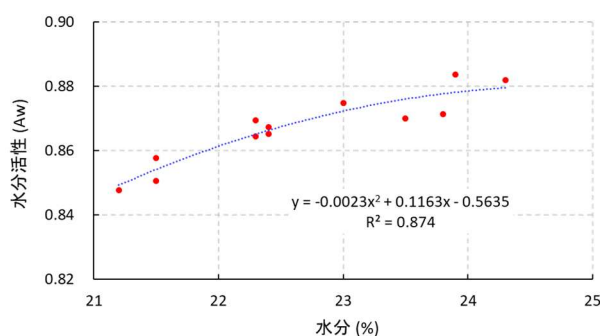


図 4 半生麺試作品の麺水分とその水分活性値

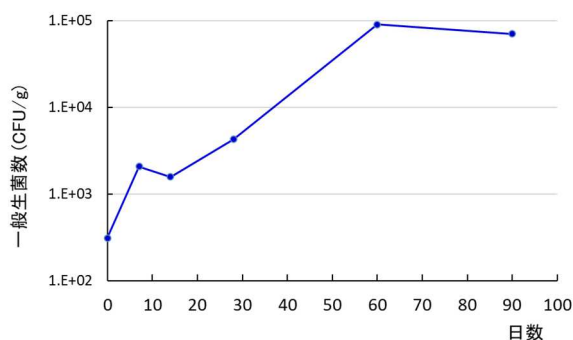


図 5 半生麺 30℃ 保存品の一般生菌数変化

半生麺の 30℃ 保存時の一般生菌数測定結果を図 5 に示す。なお、一般生菌数の結果に関しては、陰性 (300 CFU/g 以下) の場合には便宜上一律 300 CFU/g として扱い、対数平均値(n=4)を求めた。

常温約 2 時間乾燥した麺で、初発の菌数が問題となることは無かったが、10 週まで陰性(300CFU/g 以下)の場合や、8 週に 105 台迄上昇する場合もあった。この様に試作回でバラつくことはあったが、概ね 30℃ 保存 1 ヶ月は一般生菌数に問題ないことを確認した。

3-2-3 30℃ 保存による色変化

半生麺 30℃ 保存品を写真 1 に、色差測定結果を表 3 に示す。

30℃ 保存時の麺線の色の変化に関しては、保存期間に比例して褐色化が進行し、a*値、b*値の上昇も確認されたが、1 ヶ月保存品の色は保存開始時とほぼ変わらない状態(写真 1)であった。そこで、一般生菌数測定結果も考慮に入れ、半生麺試作品の賞味期限に関しては、概ね 1 ヶ月と判断した。

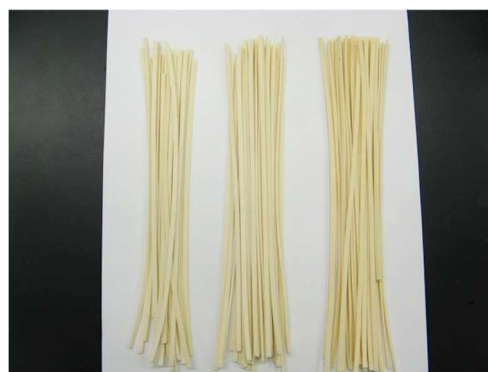


写真 1 半生麺の 30℃ 保存品

(左：製麺直後、中央：1 ヶ月保存、右：3 ヶ月保存)

表 3 半生麺 30℃ 保存品の色差測定結果

	L*	a*	b*
製麺直後	85.40	0.00	8.73
30℃・1ヶ月保存	87.29	0.19	10.09
30℃・3ヶ月保存	86.62	0.48	12.62

4 結 言

家庭用除湿乾燥機等を IoT 機器で制御することによる麺の簡易乾燥検討として、半生麺の乾燥に取組み、以下結果を得た。

- (1) 乾麺での取組みで行った間欠除湿による乾燥制御に加えて、麺水分を基にした緩慢乾燥制御を行なうことで、目標に設定した麺水分 (23.5%) 迄の正確な乾燥が可能となった。
- (2) 原料粉 1 kg の場合、間欠除湿乾燥に 1 時間、緩慢乾燥も 1 時間と 2 時間で半生麺を乾燥することが出来た。
- (3) 試作半生麺の品質に関しては、麺水分 23.5% の場合の水分活性は概ね 0.87 であり、包装品での 30°C・1 ヶ月保存での一般生菌数にも問題なかったが、麺線の褐変進行を考慮し、賞味期限は 1 ヶ月程度と判断した。

以上により、簡易的な機器での半生麺づくりが可能となった。半生麺は包装面でのコストは掛かるものの、製麺から袋詰め工程が短時間で済み、常温保存が可能で、食感も生麺に近いことから、今回の取組みよりその長所を見直す機会となった。麺の試食評価時の試作アイテムとしての活用、ならびに小規模事業者（麺の製造販売者）への提案から技術面での協力につなげて行きたい。

謝 辞

本研究の実施にあたり、株式会社小山製麺代表取締役 高橋政志様、高橋春輝様より半生麺製造に関する貴重な御助言をいただきましたことを感謝いたします。

文 献

- 1) 武山進一：IoT 機器を用いた麺の簡易乾燥, 岩手県工業技術センター研究報告, 25, p.47-51 (2022)
- 2) 全国製麺協同組合連合会, “生めんの種類”, 全国製麺協同組合連合会ホームページ,
<https://www.zenmenren.or.jp/men/about/index.html>, (参照 2024-11-22)