

玄米水分の簡易測定法の開発

小河拓也*

要 約

玄米の水分含有率を短時間で予測できる方法を検討した。

- 1 135℃常圧の乾燥では48時間で恒量に達したが、80℃および105℃では72時間でも恒量に達せず、みかけの水分含量もやや低かった
- 2 玄米を粉碎すると乾燥の速度は速くなったが、135℃で3時間では恒量に達しなかった。細かい粉碎による乾燥ではみかけの水分含有率が低くなる傾向がみられた
- 3 もとの水分含有率にかかわらず、135℃常圧24時間後には水分が98%以上蒸発した
- 4 3時間乾燥における、みかけの水分含有率は24時間後の水分含有率と $r=0.9998$ の非常に高い相関が得られた。作成した検量線は予測水分 (%) = (3時間乾燥時のみかけ水分含有率) $\times 0.8253 + 0.38204$ で示され未知サンプルの予測誤差は0.138%であった

Development of Quick Measurement Methods of Moisture Content in Brown Rice

Takuya OGAWA

Summary

The quick measurement method of moisture content in brown rice was investigated.

- (1) The water content in brown rice reached a constant weight at 48 hours at 135°C. However, apparent water content did not reach a constant weight at 48 hours at 80°C or 105°C.
- (2) The drying rate of milled and roughly crushed brown rice was faster than whole brown rice. However, apparent water content did not reach a constant weight at 3 hours at 135°C. The water content of crushed brown rice was estimated to be lower than that of brown rice grains.
- (3) Regardless of the original water content in brown rice, evaporated water in brown rice reached approximately 98% at 24 hours at 135°C.
- (4) The correlation coefficient between apparent water content of the experimental group at 24 hours at 135°C and the predicted results from the calibration set determined by drying for 3 hours at 135°C was markedly high ($r=0.9998$). The calibration model for determining water content in brown rice was (apparent water content at 3 hours at 135°C) $\times 0.8253 + 0.38204$. The standard error of prediction in the calibration set was 0.138%.

キーワード：玄米，水分，乾燥，減圧

緒 言

食品の水分は、食品分析における最も基本的な測定項目であり、ほとんどの食品に数%~98%程度含まれる主

要成分である。食品の品質、食味、保存性等に直接的な影響を与えるのみならず、一般成分は乾物で表示されることも多いため、他の成分含有率に与える影響が大きいことから水分含有率は正確な測定が必要とされる。しかし、水以外の揮発成分や有機成分からの分解由来の水分

を測定する場合があります、水分を正確に測定することは困難である。

コメにおいても品質上重要な成分であり貯蔵性や、精米の品質に大きな影響を与えるだけでなく、胴割れ粒や水浸裂傷等外観品質⁵⁾や食味への影響¹⁾も報告されており正確な分析が必要とされている。

水分の定量法は加熱乾燥法、蒸留法、化学的（カールフィッシャー）法、電気的方法、ガスクロマトグラフ法、核磁気共鳴吸収法等がある。このうち加熱乾燥法は乾燥機内で加熱することによって食品内の水分を蒸発させ、食品が恒量になるまで加熱する方法で、操作が比較的簡単なことから、古くから多くの食品の水分含有率測定に利用されており、現在でも、食品別に測定条件が記述^{6,9)}されるなど、基準的な方法として広く適用されている。

通常、食品の水分含有率を加熱乾燥法で測定する場合、低温測定することが望ましいとされているが、穀物類などは熱に安定な成分を主とすることから、100℃以上の高温が標準的方法となっており、玄米粒の水分含有率測定では、105℃減圧法24時間乾燥、135℃24時間乾燥、粉碎後135℃3時間乾燥がよく用いられる。一方で、より短い時間での測定など様々な方法も用いられているが再現性や方法による差異等は明らかにされていない。また、玄米粒では測定時間が長く、粉碎試料は粉碎に手間がかかるなど大量・迅速分析向きでないことから、近年は電気的方法や近赤外分光法²⁾を用いた測定が多くなってきているが、これらの分析法は間接的手法であり、その精度も明らかでないことから、玄米の水分含有率について精度が高く簡易な測定方法を検討した。

材料及び方法

玄米サンプルは2014年兵庫県産コシヒカリを供試した。サンプルは乾燥、調湿により水分含有率を10~20%程度に調整した試料を含み、全てポリエチレン製サンプル袋に密封し、1か月間15℃で保管し水分を均質化したものを用いた。各種の温度、加熱時間およびサンプルの状態等の乾燥程度は加熱乾燥法⁹⁾における水分測定方法と同様に測定、算出済みかけの水分含有率として評価した。各試験区は10反復測定した。

1 乾燥温度と時間がみかけの水分含有率に及ぼす影響

試料は電気抵抗式米粒水分計（CTR-800、静岡精機（株））での測定で水分含有率15.2%の玄米を用いた。秤量容器はアルミニウム箔（100mm×100mm）をカップ状に成型したのを用い、あらかじめ135℃で1時間乾燥後、シリカゲルを下部にいれたデシケータ内で室温に戻したのを用いた。分析用電子天秤で重量を測定した

秤量容器に玄米粒を3g程度入れ、総重量を正確に測定後、80、105および135℃で、1、3、4、8、24、48、72時間乾燥し、みかけの水分含有率を求めた。乾燥は送風定温乾燥器（MOV-212F、三洋電機（株））を用いた。

2 玄米の乾燥形態および時間がみかけの水分含有率に及ぼす影響

玄米粒と粉碎試料としては電気抵抗式米粒水分計の粉碎部を利用した荒砕き試料と粉碎機（Cyclotec™ サンプルミル、フォス・ジャパン（株））で40メッシュ以下に粉碎した試料の2つを用いた。試料を135℃で10分、20分、30分、1時間、3時間、12時間24時間および48時間乾燥したのちみかけの水分含有率を求めた。

3 玄米水分含有率の違いが乾燥時間に及ぼす影響

電気抵抗式米粒水分計で測定した水分含有率が9.8、11.1、13.4、16.5および19.8%玄米サンプルを135℃で10分、20分、30分、1時間、3時間、12時間および24時間乾燥し、みかけの水分含有率を求めた。

4 玄米の粉碎がみかけの水分含有率に及ぼす影響

サンプルは電気抵抗式米粒水分計での測定で水分含有率12.5%の玄米粒を用いた。通常乾燥は送風定温乾燥器を用い、80、105、135℃で24および48時間、減圧乾燥は減圧乾燥器（MOV-212F、ヤマト科学）を用い3.33 k Pa以下で80、105、135℃で24および48時間乾燥後みかけの水分含有率を求めた。

結果

1 乾燥温度と時間がみかけの水分含有率に及ぼす影響

各乾燥方法における時間とみかけの水分含有率の推移を図1に示す。乾燥温度が高くなるほど、乾燥は早く進み、みかけの水分含有率は高くなった。135℃では48時間でみかけの水分含有率が平衡に達し以降は増加しな

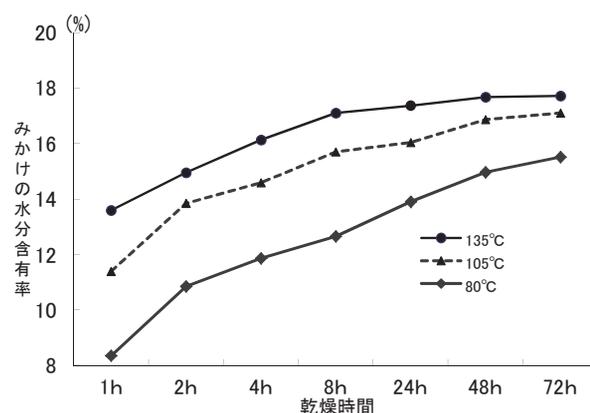


図1 各乾燥温度における乾燥時間と玄米粒のみかけの水分含有量の関係

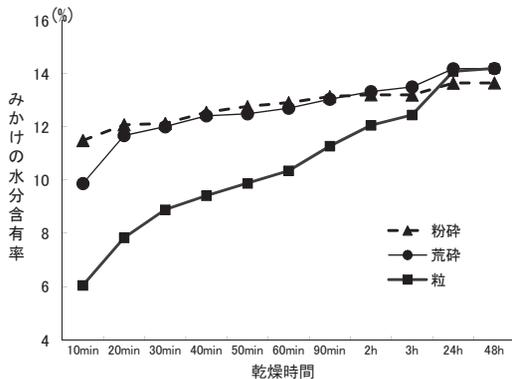


図2 玄米の粉砕程度における乾燥時間とみかけの水分含有率の関係

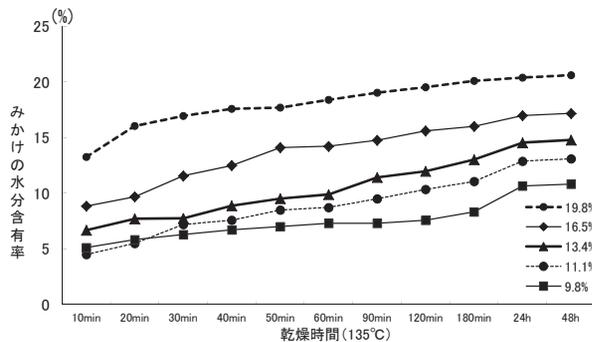


図3 玄米粒水分含有率の違いにおける乾燥時間とみかけの水分含有率の関係

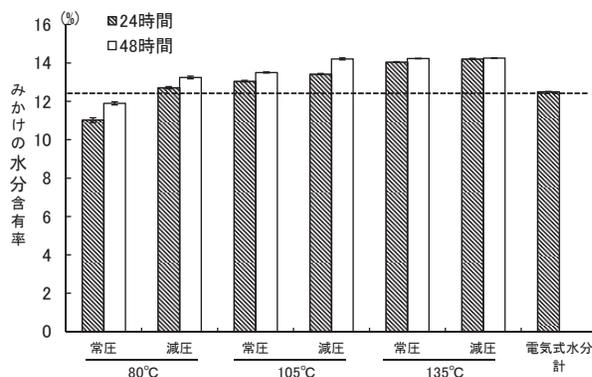


図4 各乾燥方法および時間とみかけの水分含有率の関係

かった。また、24時間後には全体の98%程度水分が蒸発していた。一方、80、105°Cでは、72時間後でもみかけの水分含有率が平衡に達せず、みかけの水分含有率も135°C24時間より低かった。

2 玄米の粉砕がみかけの水分含有率に及ぼす影響

玄米粒および粉砕方法の違いにおける、乾燥時間とみ

かけの水分含有率の推移の関係を図2に示す。玄米粒に比べ2種類の粉砕サンプルは乾燥が早く進み、粉砕度合が強いほうがより乾燥は早い傾向がみられたが、3時間では恒量に達しなかった。また、粗砕の場合、玄米粒と同等の水分含有率となったが、0.5mm以下に粉砕したサンプルは平衡に達しても玄米粒よりみかけの水分含有率が低かった。

3 水分含有率の違いが乾燥時間に及ぼす影響

電気抵抗式米粒水分計で測定した水分含有率が9.8、11.1、13.4、16.5および19.8%の玄米粒サンプルの乾燥時間別のみかけの水分含有率を図3に示す。乾燥の初期に急速に水分が蒸発し、10分間で約50%蒸発し、3時間後で90%以上蒸発した。24時間で乾燥した水分は全体の98%程度であった。水分含有率が高いサンプルは乾燥における各時間のみかけの水分含有率は高く、水分含有率が低いサンプルは同様にみかけの水分含有率が低くなる傾向がみられた。

4 乾燥方法と時間がみかけの水分含有率に及ぼす影響

各種の乾燥法における、みかけの水分含有率を図4に示す。みかけの水分含有率は減圧、高温、長時間の条件により高くなる傾向がみられたが、減圧105°C48時間、常圧135°C24時間および48時間、減圧135°C24時間および48時間ではみかけの水分含有率は同程度であった。80°Cでは最もみかけの水分含有率が高い減圧48時間でも常圧135°C48時間より0.7%程度低かった。電気抵抗式米粒水分計による水分含有率は常圧135°C48時間より1.7%程度低かった。同一処理間におけるみかけの水分含有率の差は小さくすべて0.1%以内であった。

考 察

コメの水分測定においては、現場での測定が多く、簡便性や迅速性が求められることから、近年は電気的手法等の簡易的な方法が多く用いられるようになってきてい

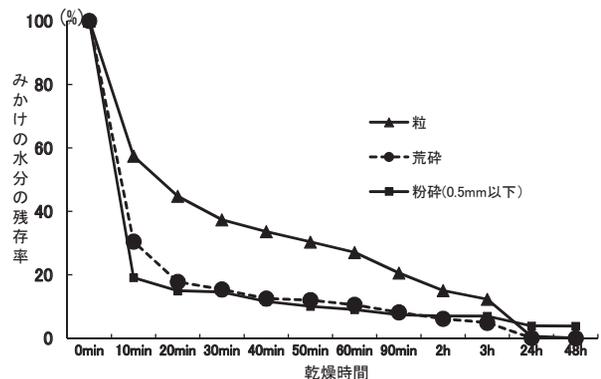


図5 玄米の水分含有率における粉砕程度と乾燥時間の関係

る。一方で、高温化等の影響により、栽培後期での胴割粒の発生の研究⁴¹⁰⁾等のように、玄米粒の正確な水分含有率の測定も重要になってきている。

今回、様々な方法で測定したところ、玄米粒では常圧135℃において48時間で恒量に達し、真の水分含有率を計測できたと考えられるが、温度が低い80および105℃は72時間乾燥でも恒量に達しなかったため、水分を測定する温度としては適当ではないと考える。高温による米品質の変成も論じられている⁷⁸⁾がコメ以外の穀類、でんぷん類においても常圧100~135℃の範囲で測定³⁾されていることから、135℃で測定する方法で水分測定法としては適当である。また、135℃乾燥において24時間から48時間へのみかけの水分含有率の増加は非常に小さく、全体の1%程度であることから24時間の乾燥で問題ないとする。

穀類の水分含有率を測定する場合、玄米粒では乾燥しにくく、恒量に達する時間が長くかかるため、粉碎したサンプルを用いて135℃ 3時間乾燥で水分測定する方法⁶⁾が用いられる。しかし、粉碎した粒度が細かいほど急速に乾燥が進み0.5mm以下の粉碎では乾燥後10分で水分が80%以上、荒砕きでも約70%蒸発するものの、その後の水分の蒸発は緩やかに進み、0.5mm以下に粉碎し

たサンプルでも135℃ 3時間乾燥では恒量に達しなかった(図5)。したがって、粉碎サンプルでも135℃ 3時間の乾燥では水分を全て蒸発させることはできないため、水分含有率の測定方法としては適切でないことが明らかとなった。また、0.5mm以下のように細かく粉碎した場合は、玄米粒での測定に比べ、みかけの水分含有率が低くなる傾向がみられた。粉碎時での水分の蒸発が原因と考えられ、正確な含有率を得ることはできない。また、粉碎での測定の場合、粉碎清掃にサンプル数の作業時間を有することからも玄米粒での測定が簡便である。

図3より玄米粒を135℃で乾燥する場合、最初の10分間の乾燥で全体の50%程度と初期の蒸発量が多く、水分含有率が高い玄米粒は乾燥初期の段階からみかけの水分含有率も高い傾向がみられることから、乾燥時間と水分含有率との相関を求めたところ、10分程度の短い乾燥時間でも高い相関を得ることができた(表1)。さらに、乾燥時間が長くなるほど、相関関係が高くなる傾向がみられ、3時間乾燥では $r=0.9998$ という極めて高い相関を示したことから、3時間乾燥における、みかけの水分含有率を用いて十分な精度を持つ予測が可能と考えられた。これらのことから玄米粒水分含有率を予測する検量線の作成をしたところ、予測水分(%)=(3時間乾燥時のみかけの水分含有率) $\times 0.8253+3.8204$ の式を得た。また、この予測式を用いて11点の未知サンプルを用いた評価を行ったところ、 $r=0.996$ 、予測誤差=0.138%が得られたことから、測定精度は高いと考えられた(図6)。

以上のことから、水分含有率の測定には玄米粒を135℃24時間乾燥する必要であるが、玄米粒135℃、3時間乾燥水分含有率を用いることによっても高い精度で水分含有率の予測ができることが明らかとなった。

表1 玄米135℃、24時間乾燥との相関

乾燥時間 (分)	相関係数 (r)
10	0.9494
20	0.9549
30	0.9695
40	0.9716
50	0.9853
60	0.9881
90	0.9968
120	0.9985
180	0.9998

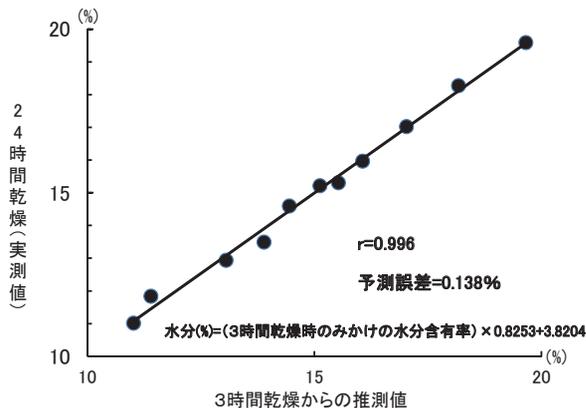


図6 玄米粒135℃ 3時間乾燥からの水分含有率の推定

引用文献

- (1) 深井洋一・松澤恒友・石谷孝佑 (2003)：米の食味と理化学的変化に及ぼす玄米の水分含量および貯蔵温度の影響：日食工誌 50, 243-253
- (2) 長谷川正俊・今野周・加藤賢一・武田正弘 (1995)：透過型近赤外分析機(インフラテック)による良食味米生産のための食味関連成分の迅速測定法 第1報 玄米・精米の水分及び粗蛋白含有率の迅速測定：日作東北支部報 38, 121-122
- (3) 伊藤友美・長谷川信宏・山田哲也 (2010)：加熱条件の異なる各種澱粉の水分量と吸湿性の変化：瀬木学園紀要 4, 60-64
- (4) 川口祐男・北條綾乃 (2010) 穂肥の施用条件が籾水分と胴割米の発生に及ぼす影響：北陸作物学報 45.

- 15-18
- (5) 小出章二・田子雅則・西山喜夫（2001）：胴割れ米とひび割れ米の水浸裂傷 日食工誌 48, 69-72
- (6) 水野直治（1991）：水分測定：植物栄養実験法（博友社）123-125
- (7) 反田嘉博（1966）：米の含水率に関する研究 第1報 米の粒質と水分平衡の関係：日作紀 35, 35-42
- (8) 反田嘉博（1968）：米の含水率に関する研究 第2報 米の粒質と乾燥方法による測定水分の差異との関係：日作紀 37, 204-206
- (9) 堤 忠一（1975）：無機成分分析法・水分：栽培植物分析測定法（養賢堂）52-58
- (10) 渡辺公夫・児玉幸弘（2006）：水稲ヤマヒカリの胴割れ米発生に関する研究 第1報 胴割れ米発生の実態：三重農技研報 19, 13-20