東京家政学院大学紀要　第 44 号　2004 年　自然科学・工学系　抜刷
（2004 年 8 月発行）

アミノカルボニル反応による着色度の評価に対する測色計と色差計の利用と比較

花　田　朋　美　　中　村　アツコ

アミノカルボニル反応による着色度の評価に対する測色計と色差計の利用と比較

花　田　朋　美　　中　村　アツコ

アミノカルボニル反応による褐変（非酵素的褐変）は食品の加工貯蔵あるいは調理過程において成分間反応により生じる。飯の焦げもその結果と考えられている。飯から着色物質を抽出し吸収スペクトルを測定することが困難なため，本研究室ではこれまで色差計で色調の変化を観察してきたが，今回分光測色により，より理解しやすい結果を得ることができた。炊飯ジャーで炊いた飯の中央部と釜底の着色の比較，保温時間経過による着色の変化が容易に測定でき，さらに炊飯時にグルコースとグリシンを添加して，アミノカルボニル反応を起こさせ測定したところ，450nm 付近の反射率の明らかな減少を観察することができた。

Key words；アミノカルボニル反応，飯の焦げ，グリシン添加，測色計，反射率

アミノカルボニル反応による褐変（非酵素的褐変）は食品の加工貯蔵あるいは調理過程において成分間反応により生じる。[1),2)] アミノ化合物（アミノ酸，ペプチド，タンパク質，アミン類など）とカルボニル化合物（単糖，少糖や多糖の還元性末端及び容易にカルボニル化合物に変化する物質など）とが反応して最終的にはメラノイジン（褐色色素）とよばれる着色重合物を生成する。褐変反応は単に食品の色に関係するだけでなく，栄養価の低下，香り物質，抗酸化性物質を生成するなど食品の機能にも影響を及ぼす。実際の食品中で起こる褐変は反応に関与する成分の種類も多い上に，成分の量比，pH，温度，時間，水分含量，金属などの諸因子の影響を考慮しなくてはならないので非常に複雑である。

味噌，パン，クッキーなど，この反応によって生じる色や香りを利用する食品も多いが，品質低下になる場合もある。例えば，飯やトーストの焦げはアミノカルボニル反応の結果であるとされているが，炊飯器で飯を保温しておく時間経過につれて黄変してくるのも同様に考えられる。アミノカルボニル反応は糖の種類，アミノ酸の種類により遅速はあるが，アミノ酸ではグリシンが最も反応しやすく，その他で大差はない。糖ではペントースが最も早く，ヘキソースがこれに次ぎ，ショ糖は最も遅い。反応の進行度合いを知りたい場合，反応生成物を溶液として抽出できる場合は 450nm の吸光度を測定して評価しているが，不溶性であったり少量であったりして溶液にし難い場合は不可能である。本研究室では炊飯ジャー保温中の黄変の経時変化を色差計による明るみ，赤み，黄みなどの測定値から追ってみた。米のみで炊飯した場合は肉眼では違いが感じられても数値として評価出来ず，データの総合的解釈に苦労した。アミノ酸と単糖を加えて炊飯した場合には変化を数値的に評価できた。さらに，試験的に測色器を用いたところ，溶液にすることなく吸光度と同様に評価できることがわかったので，色差計の結果と比較しながら報告する。

1.　実験方法

1-1　試料および測定試料の調整

≪試料≫平成 14 年秋田産秋田こまちおよびその BG 精米（無洗米）

平成 15 年度富山産こしひかり

≪測定試料の調整≫① Z 社製の改良型 IH 炊飯

家政学部家政学科

ジャー[保温温度 70℃，72℃（標準），76℃可変]を用い，米のみまたは米 180ml につき 0.80 ｇのグリシンと0.80g のグルコースを加えて炊飯した。グリシンの量は醤油中のアミノ酸含有量を参考にしグルコースはアミノ酸と同量にした。

②Ｚ社製圧力 IH 炊飯ジャー（お焦げメニュー搭載機種）を用いて炊飯した後そのまま保温した。

1-2 色差計および測色計による測定

色差計;日本電色工業（株）製 ZE-2000(Windows 用色彩管理ソフト，カラーメイト３搭載）

飯 6.5g を採取して，専用のガラスセルに入れ，明度（Y 値），白み，赤み，黄み（Ｌａｂ）についてそれぞれ３回ずつ測定し平均値を求めた。

測色器；ミノルタ CM-2600d，光源 D65 10°視野（測定ソフト名，彩チェック Ver4.13）

飯の表面に測定部位を接し測定し，コンピューター処理した。

2. 結果および考察

2-1　色差計による結果

米のみで炊飯し続いて４時間保温した場合は全ての保温温度においての数値による評価は困難であった。グリシンとグルコースを添加した飯についてのＬａｂ値のうちＬ値とｂ値の結果を図示した。時間経過につれ，Ｌ値（明るさ）は減少し，ｂ値（黄み）がましていくが，精白米のほうが無洗米より変化が大きく，76℃保温の場合は特に変化が著しかった。ａ値もマイナス（緑み）からプラス（赤み）に転じた。

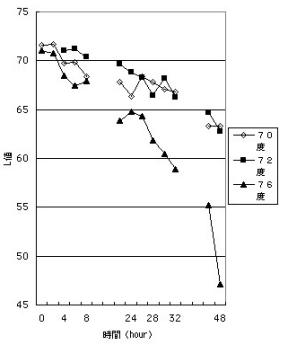

図１－①　精白米アミノ酸と糖添加色差（明るみ）

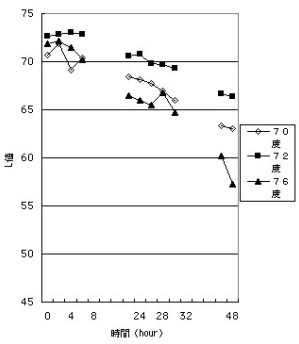

図１－②　無洗米アミノ酸と糖添加色差（明るみ）

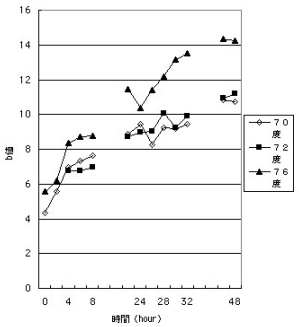

図２－①　精白米アミノ酸と糖添加色差（黄み）

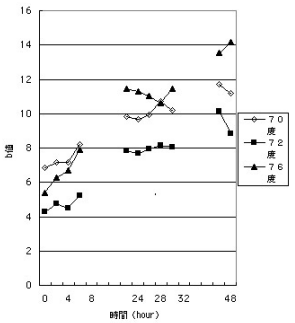

図１－②　無洗米アミノ酸と糖添加色差（黄み）

炊飯器の標準保温温度である 72℃をより高くすることは，衛生面からは好ましいかもしれないが，飯の外観を悪くすることになることが判断できた。

2-2 測色計による結果

この測色計による測定は，前出の色差計に比べ測定が簡易である。図３は富山産コシヒカリを圧力 IH 炊飯ジャー標準で炊飯した釜中央部の白い飯の部分の測定結果と IH 炊飯ジャーの炊飯メニュウー「ふつう」とメニュウー[お焦げ]で炊飯した釜底に接していた面の飯の測定結果である。この炊飯メニュウー「ふつう」ではお焦げが出来ることは好ましくないのであるが，圧力 IH 炊飯ジャー標準のものに比べて着色しており，測定結果からかなりアミノカルボニル反応の進行が見られることがわかる。またメニュウー[お焦げ]では 450nm 付近（400nm ～ 460nm）での反射率が

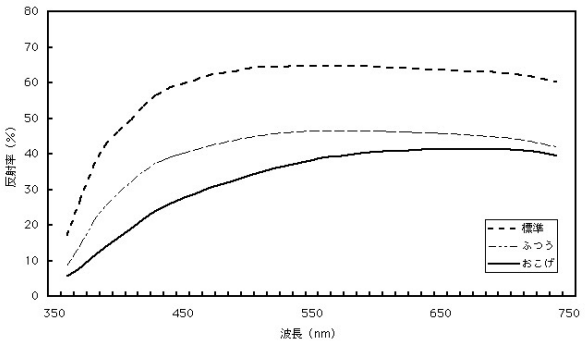

図３　圧力 IH 炊飯ジャー「標準」、IH 炊飯ジャー「ふつう」、「おこげ」メニューで炊飯した飯の分光反射率曲線

特に減少していること（吸収率が増加していること）がわかる。また，図４の様に測定すれば，釜のどの部分がより焦げ，反射率が減少しているかも分かる。

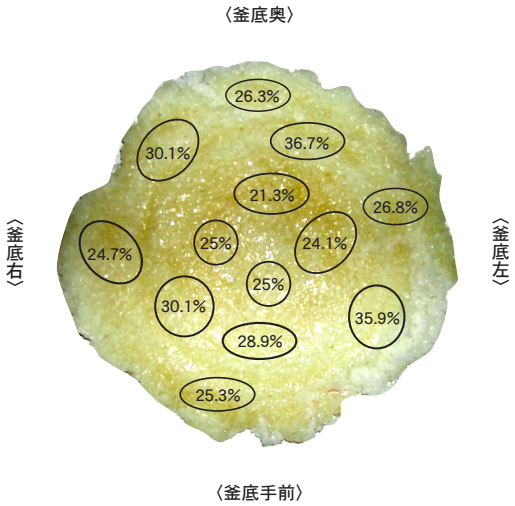

図４　IH 炊飯ジャーのメニュー「おこげ」で炊飯した釜底部分の反射率（測定波長 450nm）

お焦げや保温に伴う着色はアミノカルボニル反応の結果と言われているが，[1),2)] それを証明した実験は無い。そこで，炊飯時に糖のみを添加した場合，アミノ酸のみを添加した場合，糖とアミノ酸を同時に添加した場合について実験した。糖ではキシロースがアミノ酸ではグリシンがアミノカルボニル反応の速度が速いとされているが，今実験では米であることからグルコースを選択し，アミノ酸としてはグリシンを用いた。添加量は混ぜご飯に使う醤油のアミノ酸含量を参考にし，今回はモル比ではなく，同質量とした。

糖のみ，アミノ酸のみでは炊き上がり時には肉眼で見ても測色計でも着色はみられなかったが，両物質を混合した場合は，釜底にはお焦げが出来，飯全体が薄茶に着色していた。炊飯直後に顕著に差が観察され，青領域の反射率が低下したので 450nm の反射率の保温時間変化を追った。結果は図５に示した。

保温による変化は顕著ではないが，互いに平行線的に変化した。

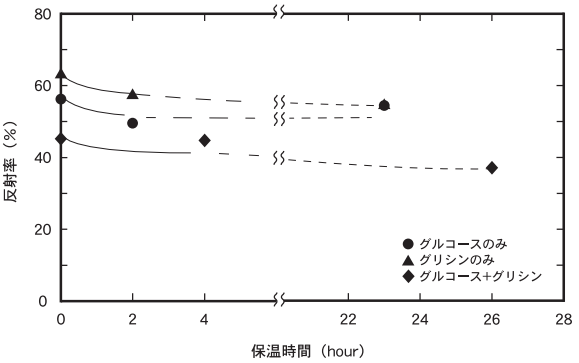

図５　グルコースとグリシンを添加した飯の反射率（450nm）の保温時間依存性

これらの着色物質を溶媒抽出して吸収スペクトルを測定することは困難であった。両物質混合の場合のみ顕著な着色が起きることは，お焦げや保温に伴う着色はアミノカルボニル反応の結果であることの根拠の１つとなる。さらに，アミノカルボニル反応であることを証明するため，アミノ酸分析によりグリシン量の変化を測定中である。アミノカルボニル反応によるメラノイジン生成の反応略図を図６（次頁）に示した。

測色計は特別な試料調整の必要が無いこと，測定が簡便であること，可視光線全領域の反射率または吸収率の様子が可視光線領域全体にわたって一見できることなどの点から，味噌，ジャムなどゾル・ゲル状物質，固形物質におけるアミノカルボニル反応の進行の測定手段として有効であると考えられる。

参考文献

1)　中林敏郎，木村進，加藤博通;「食品の変色とその化学」光琳書院（1967）
2)　並木満夫，松下雪郎編「食品成分の相互作用」講談社サイエンティフィック（1980）

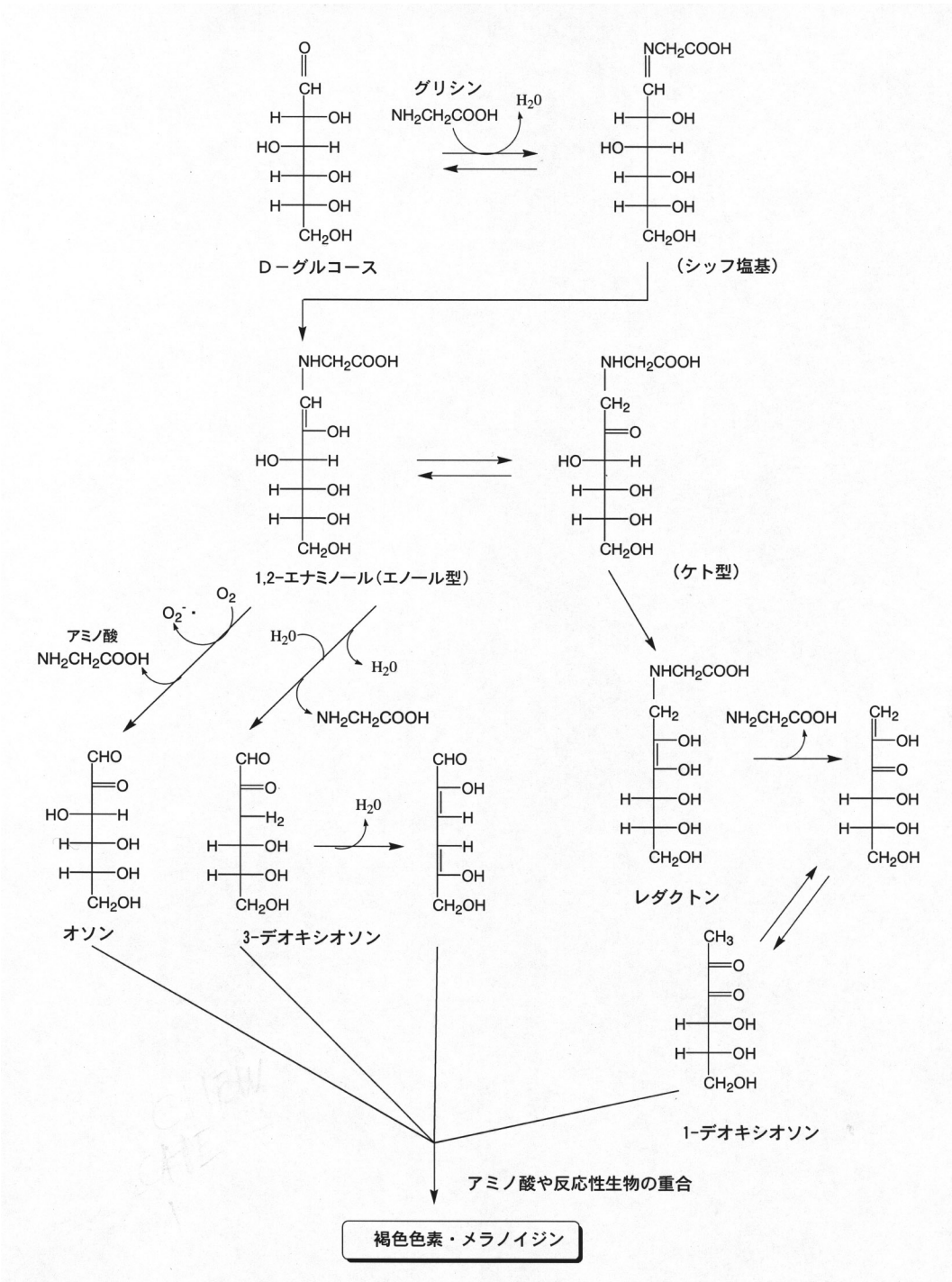

図６　グリコースとグリシンとのアミノカルボニル反応によるメラノイジン生成の略図