

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫名稱:不同焙炒溫度炒麥之抗氧化性及其作用機制之探討

計畫編號:NSC 88-2313-B-041-005

執行期限:87年8月1日至88年7月31日

主持人:杜平惠

嘉南藥理學院 食品衛生系

中文摘要

本研究主要探討不同焙炒溫度炒麥之抗氧化性。結果顯示未焙炒加熱之大麥比焙炒過之大麥具有較強的抗氧化性，再者隨著焙炒溫度之提高，抗氧化性隨之下降，此與酚類化合物由於加熱被破壞有關。無論焙炒或未焙炒之大麥其對脂質體(liposome)或非脂質成分之 deoxyribose 或蛋白質均具有保護免於被氧化之特性。在作用機制上，彼等有還原力及捕捉自由基及活性氧之活性，另外也具有螯合鐵離子之能力，這些特性足以說明大麥及炒麥在脂質與非脂質成份上之抗氧化作用。

關鍵字:大麥，焙炒，抗氧化性，自氧化作用，自由基，氧化性破壞

Abstract

The antioxidative activity of barley (*Hordeum vulgare* L.) prepared under different roasting degree was investigated. The results showed that the antioxidant activity of barley unroasted was stronger than that of barley roasted by different degree. The antioxidant activity of barley roasted decreased with increasing roasting degree. This may concern with decrease in amount of the polyphenolic compound as a result of roasting treatment. Barley either unroasted or roasted not only inhibited liposome, deoxyribose and protein oxidative damage but also showed marked reducing power, effectively quenching free radical, hydroxyl radical and chelating iron ion. These

properties sufficiently explain how the antioxidant activity of barley unroasted and barley roasted on lipids and non-lipids.

Keywords: barley (*Hordeum vulgare* L.), roasting, antioxidant activity, autoxidation, free radical, oxidative damage

前言

炒麥乃大麥(*Hordeum vulgare* L.)種子經高溫焙炒而製成，國人常以此做成麥茶來飲用。過去文獻指出酚類化合物具有抑制油質氧化之特性，另外梅納反應物亦具有抗氧化之功能。由於大麥經高溫焙炒而賦予含有梅納產物，以及彼等被證實含有多酚類化合物，因此推測炒麥應含有類似抗氧化成分，然而目前炒麥有關其抗氧化的文獻仍為闕如。再者大麥經過高溫焙炒而成炒麥，其間抗氧化特性之變化也是值得探討。因此本計畫即以大麥為原料，探討不同加熱溫度對炒麥抗氧化活性之影響，並瞭解其作用機制。

結果與討論

以坊間某工廠所生產的不同溫度焙炒之大麥為原料，進行本試驗各項之探討。彼等所設定加熱條件為大麥經過第一爐台加熱，溫度各為 434, 446, 458 與 465°C，加熱時間皆為 48，出爐後再經第二爐台加熱，其加熱溫度分別為 327°C, 332°C, 335°C，與 341°C，加熱時間皆為 60 秒，所得產品分別標記為(I), (II), (III) 與(IV)，

另外不經焙炒之大麥標記為 Raw。

<一>不同焙炒大麥之顏色變化

表一為大麥經不同溫度焙炒後之顏色變化。溫度愈高則大麥之 L, a, b 值愈低，顯示焙炒溫度愈高則產品的顏色愈暗。表二為彼等之非酵素性褐變，顯示非酵素性褐變指數隨加熱溫度升高而增加，由此可得知表一之 L, a, b 值之變化與非酵素性褐變有很大關連性。表三為不同焙炒溫度大麥所含糖類之比較，由此可看出隨著加熱溫度之提高，彼等糖類含量大體而言亦隨之減少。另外，在游離胺基酸含量之變化亦有相同趨勢(表四)。換言之，隨著焙炒溫度提高，其糖類與游離胺基酸有可能因梅納反應產物之產生而減少，此正好可以解釋焙炒溫度提高時其非酵素性褐變指數亦相對提高。另外過去文獻指出：梅納反應產物具有抗氧化作用，然而本試驗中其焙炒所衍生之梅納反應產物對其整體之抗氧化性並無積極之貢獻，推測其因可能是高溫焙炒而破壞了梅納反應產物之抗氧化活性。

<二>不同焙炒大麥之抗氧化性之比較

圖一為不同溫度焙炒之大麥其對亞麻油酸之氧化安定性。由圖中可看出對亞麻油酸氧化抑制率之大小為 Raw > I = II > III > IV 顯示隨著加熱溫度之提升，抗氧化性隨之下降。表五為不同溫度焙炒之大麥其多酚化合物含量之比較。結果顯示多酚化合物含量隨著加熱而下降。過去學者指出酚類化合物對抗氧化作用有很大相關性，惟加熱亦會使酚類化合物產生結構上之變化。由表二之結果可看出由於經過高溫加熱，其多酚類化合物其結構上可能產生變化而使含量下降，此正說明其抗氧化性下降之理由。

<三>不同焙炒溫度之大麥對脂質與非脂質之氧化安定作用

圖二為不同焙炒溫度之大麥對 liposome 之氧化安定作用，以 1.0 mg 而言，除了 Raw 較具有抑制性，其餘則無顯著上差異，對 10 mg 而言，彼等皆具有大約 60% 之抑制性。在非脂質部份，圖三顯示 1.0 mg 之炒麥其對之 deoxyribose 之氧化保護性為 Raw (25.2%)，I (12.8%)，II (14.8%)，III (13.2%)，而 IV 則無保護作用。以 10 mg 而言，Raw 有極強之保護作用 (94.4%)，其餘分別為 I (85.6%)，II (68.4%)，III (65.2%) 與 IV (60.0%)，顯示 10 mg 的不同炒麥具有不錯之 deoxyribose 之氧化保護性。在蛋白質作用上，由圖四可看出 0.1 mg 的 IV 不具蛋白質氧化保護性。整體而言 0.1 或 1.0 mg 的大麥以不加熱之 Raw 與 I 者較具保護性。

<四>抗氧化作用機制

圖五為不同焙炒溫度之大麥對自由基之捕捉性，以 0.2 mg 而言，Raw 之捕捉性大於其它炒麥，然而 1.0 mg 的各炒麥與 Raw 則分別達至 63.8 ~ 68.6% 且彼此之間無顯著差異 ($P > 0.05$)。換言之，彼等均為 free radical inhibitor，亦是具有 primary antioxidants 的角色。圖六為不同焙炒溫度之大麥之還原力，顯示彼等均隨其含量之增加其還原力有增加趨勢，其中以 Raw 之還原力較其它為強。圖七為不同焙炒溫度之大麥對 Fe^{2+} 之螯合作用，顯示隨著焙炒溫度之提高其螯合 Fe^{2+} 之能力隨之下降，以 1.0 mg 而言，Raw = I (約為 77.9%) > II (70.6%) > III (20.8%) > IV (12.3%)。表六為不同焙炒溫度之大麥對氫氣自由基之捕捉性，顯示 1.0 mg 之炒麥及 Raw 皆對氫氣自由基有捕捉性，其中以 Raw 之捕捉性最強，其它隨著焙炒溫度提高而下降。

結論

綜合上述可知未焙炒之大麥其抗

氧化性大於焙炒過之炒麥，而隨著焙炒溫度之提昇，由於酚類化合物含量之減少以及高溫對梅納反應物之破壞使得抗氧化性亦隨之降低。另外由於未焙炒之大麥與炒麥皆具有還原力及兼具捕捉自由基與活性氧及螯合金屬離子之功能，故不僅對脂質成分具有抗氧化作用，對細胞非脂質成分之氧化破壞亦具有保護作用。

參考文獻

- Yen, G.C.; Chung, D.Y. J. Agric. Food Chem. 1999, 47, 1326-1332.
 Duh, P. D. J. Am. Oil Chem. Soc. 75, 455-461.
 Aruoma, O.I. Fd. Chem. Toxic. 1994, 62, 671-683.

表一 大麥不同溫度焙炒之顏色變化

Table 1. Color difference of barley prepared under different roasting degree

Sample ^a	L*	a	b
Raw	53.98±1.70 ^c	1.69±0.09 ^a	21.05±0.73 ^a
I	36.29±5.58 ^b	2.34±0.66 ^a	14.68±1.22 ^a
II	28.21±1.15 ^b	2.79±0.58 ^a	11.58±0.76 ^a
III	20.33±0.45 ^c	1.21±0.64 ^b	5.15±0.53 ^d
IV	18.30±0.21 ^c	0.71±0.11 ^c	27.0±0.61 ^a

^aValues are mean±standard deviation of three replicate analyses

^bMeans with different superscript letters in the column are significantly different.

^cRaw: unroasted; I: roasted at 327°C, 60 sec; II: roasted at 332°C, 60 sec; III: roasted at 335°C, 60 sec; IV: roasted at 341°C, 60 sec.

表二 大麥不同溫度焙炒之非酶素性褐變

Table 2. The nonenzymatic browning of barley prepared under different roasting degree

Sample ^a	Browning index ^b (OD ₄₅₀ /g of barley)
Raw	0.048±0.001 ^a
I	0.230±0.003 ^b
II	0.330±0.002 ^b
III	0.730±0.002 ^b
IV	0.776±0.001 ^b

^aValues are mean±standard deviation of three replicate analyses

^bMeans with different superscript letters in the column are significantly different.

^aRaw: unroasted; I: roasted at 327°C, 60 sec; II: roasted at 332°C, 60 sec; III: roasted at 335°C, 60 sec; IV: roasted at 341°C, 60 sec.

表三 不同溫度焙炒大麥之糖組成分析

Table 3. Sugar analysis of barley prepared under different roasting degree (mg/g of extract)

Sugar	Raw	I	II	III	IV
Glucose	98.87	60.33	40.46	33.42	32.63
Xylose	163.36	370.43	141.59	58.81	50.27
Sucrose	139.82	0	0	0	0
Lactose	29.94	0	0	0	0
Fructose	349.01	435.52	286.73	203.78	0
Maltose	302.73	23.49	11.15	0	0
Mannos	246.18	117.96	92.62	73.62	23.49
Rabinose	159.44	99.32	13.24	11.15	0
Arabinose	636.64	270.54	119.32	118.44	41.61
Galactose	561.08	710.33	592.27	113.02	49.25

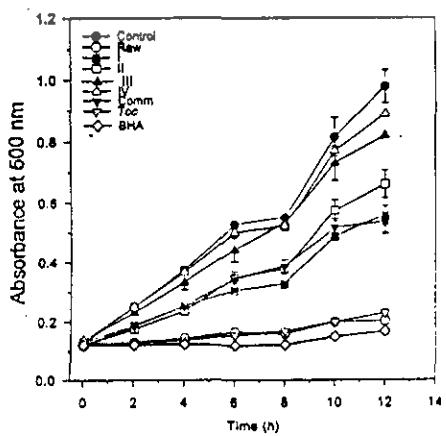
Raw: unroasted; I: roasted at 327 °C, 60 sec; II: roasted at 332 °C, 60 sec;
 III: roasted at 335 °C, 60 sec; IV: roasted at 341 °C, 60 sec

表四 不同溫度焙炒大麥之游離氨基酸組成分析

Table 4. Free amino acid analysis of barley prepared under different roasting degree (nmol/50 µl)

Amino acid	Raw ^a	I	II	III	IV
Asp	1.6731	0.8335	0.4268	0.2130	0.1337
Ser	0.6063	0.2131	0.0570	0.0593	0.0229
Thr	3.5103	1.0056	0.4977	0.4349	0.1739
Glu	5.3154	0.3658	0.2124	0.2205	0.1319
Pro	5.9774	0.4238	0.2182	0.2248	0.1082
Gly	0.8906	0.9949	0.5901	0.5085	0.3463
Ala	3.8217	2.1139	1.0700	0.5793	0.4897
Cys	0.6091	0.0672	0.0635	0.0613	0.0636
Val	0.9174	0.1773	0.0388	0.0446	0.0152
Met	0.0210	0.0105	0	0	0
Ile	0.4000	0.1009	0.0567	0.0643	0.0353
Leu	0.5516	0.1229	0.0811	0.1050	0.0532
Tyr	0.1968	0.0691	0.0362	0.0366	0.0172
Pho	0.4452	0.0628	0.0465	0.0537	0.0227
Iua	0.3065	0.3100	0.1386	0.1347	0.1138
Lys	0.3161	0.1743	0.0976	0.0807	0.0237
Trp	0.1120	0.1517	0.0600	0.0235	0.0229
Arg	0.5218	0.2882	0.1132	0.0529	0.0118

*Raw: unroasted; I: roasted at 327 °C, 60 sec; II: roasted at 332 °C, 60 sec;
 III: roasted at 335 °C, 60 sec; IV: roasted at 341 °C, 60 sec.



表二 大麥不同溫度焙炒之非酶素性褐變

Figure 1. Effect of barley prepared under different roasting degree on oxidative stability of linoleic acid. Raw: unroasted; I: roasted at 327 °C, 60 sec; II: roasted at 332 °C, 1 min; III: roasted at 335 °C, 1 min; IV: roasted at 341 °C, 60 sec.

表五 大麥不同溫度炒炒之酚類化合物含量*

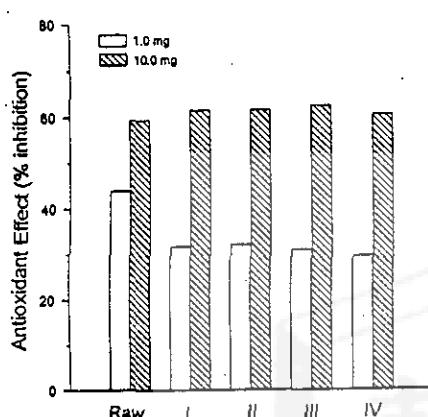
Table 5. Amounts of polyphenolic compounds of barley prepared under different roasting degree

Sample*	Polyphenolic compounds ^{**} (μg/mg of extract)
Raw	27.0±0.02*
I	25.0±0.11*
II	17.0±0.45*
III	16.9±0.21*
IV	15.2±0.06*

*Values are means±standard deviation of three replicate analyses.

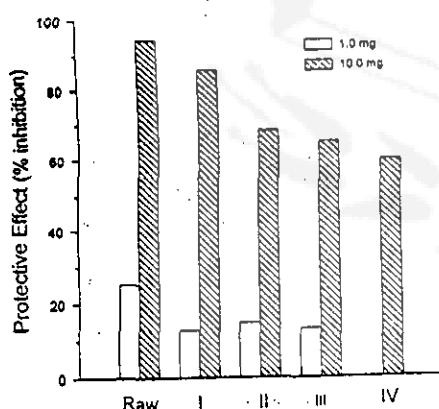
^{**}Means with different superscript letters in the column are significantly different ($P<0.05$).

*Raw: unroasted; I: roasted at 327°C, 60 sec; II: roasted at 332°C, 60 sec; III: roasted at 335°C, 60 sec; IV: roasted at 341°C, 60 sec.



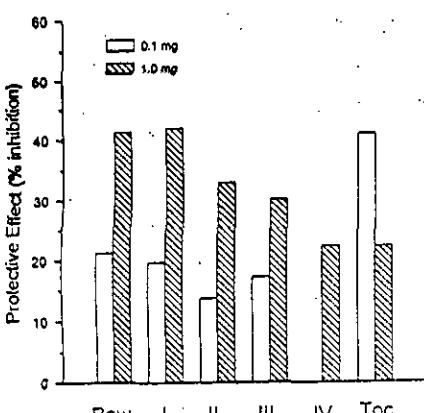
圖二 大麥不同溫度炒炒對磷脂過氧化作用之影響

Figure 2. Effect of barley prepared under different roasting degree on liposome peroxidation. The abbreviations are the same as Figure 1.



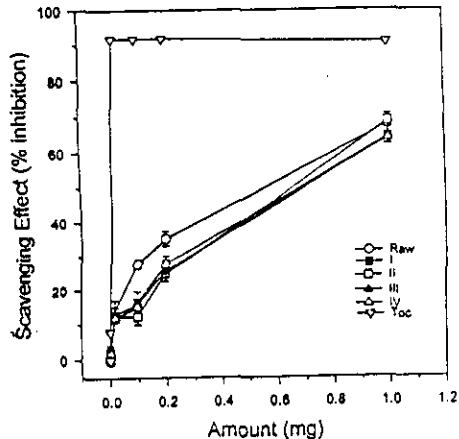
圖三 大麥不同溫度炒炒對脫羧酶氧化作用之影響

Figure 3. Effect of barley prepared under different roasting degree on deoxyribose oxidative damage. The abbreviations are the same as Figure 1.



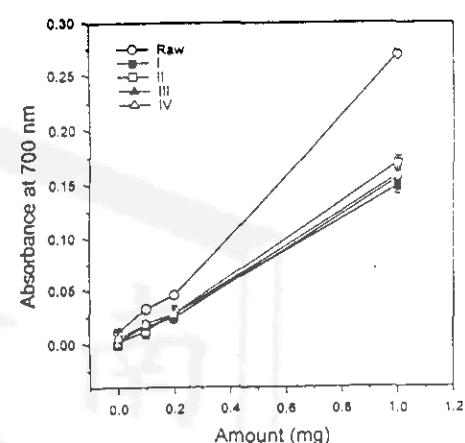
圖四 大麥不同溫度炒炒對蛋白質氧化作用之影響

Figure 4. Effect of barley prepared under different roasting degree on protein oxidative damage. The abbreviations are the same as Figure 1.



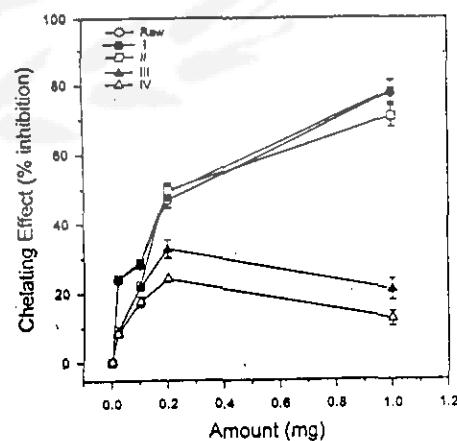
圖五 大麥不同溫度炒炒對自由基之消極效果

Figure 5. Scavenging effect of barley prepared under different roasting degree on DPPH radical. The abbreviations are the same as Figure 1.



圖六 大麥不同溫度炒炒之還原力

Figure 6. Reducing power of barley prepared under different roasting degree.



圖七 大麥不同溫度炒炒對離子之螯合作用

Figure 7. Chelating effect of barley prepared under different roasting degree on Fe^{2+} . The abbreviations are the same as Figure 1.

表六 不同溫度炒炒之大麥對藍黃素自由基之消極性*

Table 6. Scavenging effect of barley prepared under different roasting degree on hydroxyl radical

Sample*	Scavenging effect (%)**
Raw	67.5±0.07*
I	65.7±0.05*
II	64.5±0.07*
III	58.1±0.00*
IV	45.5±0.07*

*Values are means±standard deviation of three replicate analyses.

^{**}Means with different superscript letters in the column are significantly significantly different ($P<0.05$).

*Raw: unroasted, I: roasted at 327°C, 60 sec; II: roasted at 332°C, 60 sec; III: roasted at 335°C, 60 sec; IV: roasted at 341°C, 60 sec.