

食品加工과

收穫後生理

徐 奇 奉

〈農漁村開發公社 食品研究所長〉



收穫後生理(Post-harvest physiology)가 하나의 學門分科로서 本軌道에 오른 것은 近來의 일이지만 收穫後生理自體가 食品工業에 미치는 영향에 대해서는 옛날부터 經驗을 통하여 누구나 다 實感해 왔든 것은 事實이다. 特히 農産物을 原料로한 食品加工事業에는 收穫後生理의 屬性이 加工品의 形態를 制限하고 加工工程을 固有化하고 生産原價와도 關聯을 맺게 된다.

즉 農産物이 收穫後에도 一定期間동안 하나의 生活體로서 各種 生化學的機作을 통하여 끊임없이 變化하고 있다는 것이며 그 變化하는 過程과 形態는 各個體에 따라서 다른 것은 물론이지만 收穫後生理現象은 그것을 加工하여 製品을 만들건 이를 貯藏하여 原形 그대로를 供給하건간에 食品의 企業的處理過程에서 重要的인 영향을 주고 있다는 것이다.

이 收穫後生理의 特性은 加工에 들어가기 前에 生産者로 하여금 다음과 같은 面에서 필수적으로 한번씩 考慮되도록 警告를 주고있는 셈이다.

1. 原料의 包裝方法 및 輸送을 어떻게 해야하는가.
2. 原料의 貯藏期間에 어떻게 處理해야하며 不可避한 損失은 얼마나 되는가.
3. 加工工程에 들어가기 前에 어떠한 前處理가 必要한가.

4. 加工工程中에서도 特別히 考慮해야할 事項은 무엇인가.

等 原料의 獨特한 生理現象때문에 處理가 달라져야할 事項에 대해서는 細心한 注意가 必要하며 그것이 바로 그 生産業體의 産業秘訣이기도 하다.

各個體別 收穫後生理의 特徵에 대해서는 수많은 研究가 이루어지고 있으며 마침내 CA貯藏(Controlled Atmosphere Storage: 溫度와 氣스를 調節하는 貯藏法)을 應用하게 되었고 冷蔵에 있어서는 無條件 低溫은 禁物이고 低溫適用範圍의 微細한 限界까지 관심을 갖게끔 되었다. 또한 原料自體가 갖고 있는 酵素의 活性을 재치있게 利用하여 加工品 品質을 向上시키는 方法도 많이 應用되고 있다. 例를들면 감자는 貯藏溫度에 따라서 還元糖의 濃度가 쉽게 올라가거나 또는 내려간다 따라서 Potato chip을 만들 때는 還元糖이 적어야 하므로 一時 溫度를 높여서 貯藏하였다가 加工하는 方法을 適用하는 수가 많다.

2. 收穫後生理의 固有性과 制御限界

가. 收穫後生理의 基本原則과 調節因子

收穫後生理現象은 蒸散作用, 呼吸作用 및 追熟作用의 3가지 作用으로 大別할 수 있다.

蒸散作用은 貯藏中果菜의 新鮮度 및 減量과 직접 係가 있으므로 最終 産物의 商品價値 및 收益性에 影響을 준다. 蒸散作用을 左右하는 外的要因은 湿度와 溫度이며 이중 濕도가 가장 크게 影響을 준다. 濕도와 蒸散量이 關係濕度(Relative humidity) 比例하는 것이 아니고 蒸氣壓落差(Vapor Pressure Deficit=V.P.D)에 比例한다. VPD는 溫度의 昇에 따라 올라가며 따라서 蒸散量도 增加한다. 한편 貯藏庫內의 空氣의 流動은 果菜表面을 被覆한 蒸氣를 除去하여 끊임없이 擴散落差를 크게 하여 蒸散을 促進시킨다.

또한 收穫의 早晚도 蒸散量과 밀접한 關係가 있다. 上의 경우를 例로들면 表와 1과 같으며 대체적으로 未熟果일수록 果皮가 水蒸氣를 通過시키기 쉽다. 는 結論이다.

표 2 사과 收穫期의 早晚과 蒸散率 ^{25°C 濕度 63% 品種. McIntosh}

收 穫 日	蒸散率mg/100cm ² /hr	收 穫 日	蒸散率mg/100cm ² /hr
6.20	30.47	8.22	9.18
27.	27.01	29.	9.54
7.4	19.75	9.5	8.79
11.	16.35	12.	7.56
18.	16.37	19.	7.90
25	13.99	26.	8.57
8.1	10.72	10.3	8.05
8	10.77	10.	9.79

Pieniazek, S.A., Proc. Amer. Soc. Hort. Sci:42(1943)

植物體의 呼吸作用은 分解代謝의 代表的인 것으로 이것을 너무 억제하면 生命體가 일종의 死物이 되어 쉽게 腐敗하는 경우가 있고 또 呼吸作用을 그대로 放置하면 過度呼吸에 의한 物質의 消耗 및 內部構造의 變化를 이르게 保存성을 잃게 된다. 이러한 變化의 形態와 程度는 같은 酸素呼吸이라도 生體內의 어떠한 基質을 對象으로 이루어지느냐에 따라 달라진다. 이를 探知하는 方法으로서 呼吸量(Respiratory launtity=R.Q)을 調査하게 되는데 이것은 CO₂/O₂의 比率로서 表示되고 이로서 呼吸形態의 概略의인 自跡을 可能케 한다. RQ=1인 경우는 주로 炭水化物的 解糖作用을 表示하게 되며 RQ<1인 경우는 脂肪 또는 알콜등이 酸化될 때이고 또 RQ>1일때는 有

機酸等이 주로 呼吸에 關한다고 볼 수 있다. 따라서 貯藏原料의 呼吸覺을 測定하므로써 大概 어떠한 物質들이 消耗되고 있다는 것을 間接的으로 알 수가 있다.

呼吸作用에는 溫度의 影響이 크며 溫度에 따라 呼吸量이 變化하는 速度를 測定하기 爲하여는 溫度系數 Q₁₀值을 導入하면 便利하다. 이것은 溫度가 10°C 上昇함에 따라 呼吸量이 몇倍로 늘어나는가 하는 數值를 表示하는 方便이다. 이것을 活用하여 測定해보면 果實의 경우는 共通的으로 0~10°C의 溫度階段에서 가장 높은 值를 나타낸다. (표 2)

표 2 果實의 呼吸量 溫度係數(Q₁₀值)

種 類	0~10°C	11~21°C	16.6~26.6°C	22.2~32.2°C	33.3~43.3°C
딸 기	3.45	2.10	2.20		
복숭아	3.05	2.95	2.10		
〃	4.10	3.15	2.25		
배 문	3.95	1.70	1.95	2.00	
귤	3.30	1.80	1.55	1.60	
〃	3.95	2.15	1.60	1.50	
포 도	3.35	2.00	1.45	1.65	

이와같은 結果에 의해서 各種果實의 貯藏에 있어서 凍結하지 않을 程度의 低溫을 活用하게 되는데 이 溫度에서는 特히 微生物의 活動도 阻止시켜 貯藏上 좋은 條件이 된다. 그러나 이 溫度階段에서 가장 呼吸變化가 顯著하므로 冷蔵出庫後의 取扱에 特別한 注意가 必要하게 된다. 또 한가지 重要的 것은 原料의 呼吸熱處理問題이다. 保管된 原料는 表3에서 보는바와 같이 呼吸에 의해서 그 自體가 상당한 熱을 發散하므로 이를 勘案하여 處理하지 않으면 意外로도 高溫에 의한 여러가지 障礙를 招來하게 된다.

이와같은 理由로서 大抵 積極的인 低溫處理가 適用되지만 高溫性菜蔬인 메론, 오이 및, 파나나, 枇杷야 또는 고구마같은 것을 貯藏中 凍結하지 않더라도 低溫障礙(Chilling injury)가 일어나기 쉬우므로 特別한 注意가 必要하다.

追熟作用은 果實菜蔬가 收穫後에도 一定期間, 成熟過程을 繼續한다는 것으로서 이 期間中 香氣 및 色澤의 變化, 肉質의 軟化等 여러가지 形態로 나타나게 된다. 이때 果實의 種類에 따라서는 나무에서

표 3

各種 果實의 呼吸熱

Btu/ton/24hrs

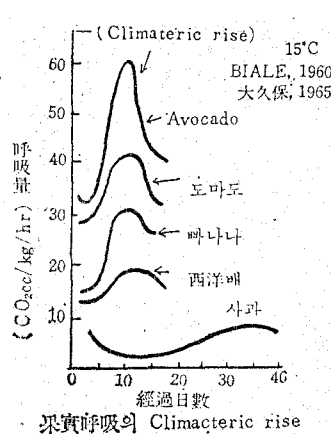
品 名	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C
사 과(早生種)	800~1,420	1,280~2,600	3,400~5,000	4,400~7,600	4,800~10,000
〃 (晩生種)	440~880	1,120~1,720	1,680~2,560	2,280~4,800	3,600~6,000
살 구	1,280~1,400	2,720~4,600	5,200~8,400	7,200~12,800	11,200~16,400
빠 나 나(靑)	—	1,800~4,200	3,280~8,080	4,920~11,800	—
〃 (完熟)	—	3,280~4,800	5,400~9,600	7,200~13,600	8,000~20,000
앵 도	1,280~3,800	2,280~3,800	3,160~8,000	6,600~13,600	12,800~18,000
gooseBerry	1,160~1,680	1,960~3,720	2,920~7,200	6,400~15,600	10,000~26,400
포 도	400~800	1,360~2,000	1,960~3,000	2,960~4,000	4,000~6,400
레 몬	480~800	880~1,600	1,400~2,680	1,960~3,880	2,560~4,800
귤	400~880	880~1,560	1,720~2,880	3,000~4,600	5,560~5,680
복 승 아	1,040~1,560	2,080~3,360	5,200~7,600	7,200~10,800	11,600~15,000
西洋배(早生)	640~1,200	1,800~3,800	2,400~5,200	8,400~13,200	9,600~22,000
〃 (晩生)	640~880	1,440~5,000	1,920~4,600	6,800~10,400	8,000~18,000
자 두	1,120~1,760	2,400~5,400	4,800~10,400	6,000~15,200	—
산 딸 기	3,880~7,600	6,800~13,600	12,000~23,200	18,000~48,000	28,000~60,000
딸 기	2,800~3,840	3,600~7,600	7,200~14,400	10,800~20,000	14,400~24,800
아스파라가스	4,800~5,400	6,400~7,000	12,000~13,200	17,000~23,000	24,000~30,000
그 린 피 스	4,700~5,800	8,600~10,000	13,400~17,000	21,800~34,000	32,600~47,600
양 배 추	1,200~2,000	1,800~3,400	3,000~4,400	4,800~6,600	8,800~10,000
셀 러 리	1,200~2,000	2,600~3,800	4,400~6,800	8,000~9,400	10,200~12,000
오 이	1,560~1,680	2,000~2,800	4,200~5,000	7,800~10,000	12,600~14,400
마 늘	1,800~	3,800~	5,800~	10,600~	12,600~
베 룬	1,120~1,600	1,800~2,200	3,400~3,800	4,400~5,800	7,800~8,400
고 구 마	800~2,160	1,000~1,600	1,400~1,800	1,600~3,000	2,000~3,600
시 치 음	5,000~6,800	10,600~16,400	17,000~25,800	35,000~43,200	52,000~74,000
도 마 도	1,120~1,440	1,600~2,200	2,600~3,400	4,400~7,200	6,600~8,400
당 근	800~2,320	2,320~3,200	2,600~3,600	6,000~8,000	7,400~11,200
Couliflower	2,000~5,200	4,400~6,400	10,200~11,400	16,000~22,400	25,200~33,200
양 송 이	9,400~10,000	12,200~13,200	20,000~20,800	38,400~40,000	49,600~52,400
양 파	960~1,600	1,280~2,800	1,880~2,800	2,600~3,800	3,800~4,800

(I.I.R., 1967)

상당히 未熟時에 收穫한 것이라도 追熟過程을 通하여 아무 缺陷없는 完熟果가 된다. 西洋배, 도마도, 딸기가 이에 屬하며 이러한 性質을 合理的으로 利用하여 果實菜蔬의 輸送 및 貯藏管理에 도움이 되도록 해야 하며 한편 梨몬과 같이 追熟作用이 일어나지 않는 果實도 있으므로 이러한 特性을 事前分析하는 것은 重要한 일이다.

나. Climacteric現象과 傷害呼吸 및 振動呼吸

追熟過程에서 一時的으로 呼吸이 急激히 昂進되었다가 다시 衰退되는 수가 있다. 이러한 現象을 Climacteric rise라고 하며 다음 그림에서 보는 바와 같이



果實에 따라서 時期 遲速 및 程度의 差가 있다. 이러한 生리를 갖인 果實은 모이 過程을 지낸後 果實이 갑자기 軟化되어 過熟狀態로 突入하므로 이러한 果實은 收穫後處理에 注意를 要한다.

이 Climacteric現象은 果實에서 發散되는 Ethylene gas의 影響이 크다

1 하며 Lemon과 같이 Climacteric rise가 없는 과일도 Ethylene gas를 처리하면 푸른 과실이黃色으로着色되어呼吸量도急激히上昇한다. 反對로炭酸의濃度を增加시키고酸素의濃度を減少시킨 Climacteric rise의開始가 늦어지며 또進行過程도緩慢하여진다. 따라서各種方法을適用하여收後保存期間을延長하려는目的으로 많은研究가 이루어지고 있고 또應用되고 있다.

呼吸의促進現象으로傷害呼吸(Wound respiration)이라는 것이 있다. 表皮組織이柔軟한果實菜蔬는輸送 또는保管中에外傷을입어呼吸이急進하여重量의減少, 褐變, 成分變化가이러나며短時에腐敗하게된다. 이러한現象은 Climacteric rise가 지나간後나前이나어느때든지傷害만입으면이러난다. 이때 Ethylene gas의量도傷果는無傷果에比하여10倍나더生成된다. 복숭아의 경우輸送中打撲傷을입은것은하룻밤만놓아두면복숭아固有의香味는全히없어지며甚하면苦味와異臭味를發散하여이를原料로하여加工한것은最終產物의

品質이正常品에比하여아주劣惡함을볼수있다.

또한가장重要的現象은振動呼吸(Vibratile respiration)이다. 과실을振動시키면呼吸이促進되며아무傷處도주지않더라도正常以上の呼吸熱을發生하며其他여러가지附隨現象이나타난다.

다. 收穫後生理의 調節效果

收穫後生理는溫度와氣體的組成 및濕度空氣流動速度 등에 의해서 어느限度까지는調節이可能하다. 2酸化炭素가果物의老化를遲延시키는效果가있다는것을알고이의活用法을研究하기시작한것은1919년부터였으며英國의 KIDD, WEST에 의해서着手되었고日本에서는1929년부터清水에 의해서研究가進行되었으나그當時만해도貯藏條件도確實히모르는點이 많고 또對象物 하나 하나에 대한特性이究明되지않어實用化될段階는않이었다.

그후1960년부터研究가活發히再開되어近數年사이에飛躍的인發展을가져오게되었다.

표 4

果實菜蔬의 環境 調節과 保管可能期間

品 目	溫 度 (°C)	濕 度 (%)	環 境 氣 體 組 成		貯藏可能期間
			O ₂ (%)	CO ₂ (%)	
귤	3	85~90	10	0~2	6개월
감(富有)	0	90~95	2	8	6개월
〃(平核無)	0	92	3~5	3~6	3개월
배(20世紀)	0	85~92	5	4	9~12개월
〃(菊水 新興)	0	90	6~10以上	3以下	3~6개월
西洋배	0	95	4~5	7~8	3개월
복숭아(大久保)	0~2	95	3~5	7~9	4週
밤(筑波)	0	85~90	3	6	7~8개월
青梅	0	—	2~3	3~5	—
綠熟파나나	12~14	—	5~10	5~10	6週
딸 기	0	95~100	10	5~10	4週
도 마 도	6~8	—	3~10	5~9	5週
露地 메론	0	—	3	10	30日
시 금 치	0	—	10	10	3週
완 두	0	95~100	10	3	4週
마 늘	0	85~90	2~4	5~8	10~12개월
마	3~5	90~95	4~7	2~4	8~10개월
감자(남작)	3	85~90	3~5	2~3	8~10개월
(메이퀸)	3	85~90	3~5	3~5	7~8개월

結果로서 品目別收穫後生理를 最大限으로 有利하게 調節하여 保管可能期間을 延長하고 品質의 低下를 防止하게 되었다. 品目別 環境調節法에 의한 貯藏의 效果를 보면 表4와 같다. 果實菜蔬는 普通空氣(N_2 78%, O_2 21%, CO_2 0.03%)에서는 正常呼吸을 進行시키지만 空氣의 組成과 달라지면 生理에 變化가 일어나 呼吸 其他 여러가지 作用은 非正常的으로 進行된다. 表4에서 보는 環境氣體組成은 普通空氣組成보다는 O_2 의 比率를 줄이고 CO_2 의 量을 大幅 增加시켜 安全保管期間을 最大限으로 延長시킨 것이다. 딸기 같은 경우 普通環境에서는 3일이 가기가 어려운 것을 4週間이나 貯藏可能케 하고 있으며 복숭아의 경우는 5日 保存이 어렵고, 도마도도 1週間을 두기가 힘든 것을 4~5週間을 安全保存케 한 것은 加工工業을 爲해서나 新鮮果菜의 原形供給을 爲해서나 劃期的인 貢獻이라고 볼 수 있다.

2. 收穫後生理가 加工收率 및 品質에 미치는 영향

收穫後呼吸量의 增加에 따라 여러가지 成分의 消耗이 이어나 物量의 損失을 갖어 오는 것은 當然하지만 呼吸을 억제할 경우는 이의 副作用으로 解糖系의 昂進(Pasteur 효과), 組織의 軟弱化 및 非酵素의 褐變現象을 갖어 오는 수도 있다. 예를 들면 薯類를 低溫으로 貯藏하면 呼吸은 억제되나 解糖系의 酵素가 急激히 活性化하여 澱粉이 水溶化하고 드디어는 直糖으로 變한다. 實際로 澱粉工業에서 體驗하는 事實인데 가을에 고구마를 收穫하여 바로 澱粉製造에 使用하면 澱粉收率이 20~22%까지 나오지만 이것을 屋外 寒冷한 곳에 그대로 貯藏하였다가 澱粉原料로 使用할 때는 1個月만에 澱粉收率이 15~17%로 떨어진다. 바로 이러한 現象이 澱粉工業에 있어서 큰 問題點으로 되어있다. 또한 蛋白質의 경우를 보면 蛋白質分子가 갇히고 있는 酸鹽基性 例를 들면 等電點에 있어서의 溶解度 및 他種이온과의 相互作用의 程度가 變化하여 結果로서 蛋白質食品의 製造上 여러가지 問題點을 發生케 한다. 大豆를 6個月 貯藏하면 水溶性蛋白質이 約 17%가 減少된다. 이러한 現象은

豆腐製造業에 對해서는 重大한 問題이며 이것 水溶性蛋白質이 直接 豆腐의 收率에 關係가 있기 이다.

이러한 加工收支上의 損失은 加工過程에서도 난다. 양송이 통조림 製造過程에서 例를 들면 이는 前述한 呼吸熱表에서 보는 바와 같이 收穫 吸活動이 農産物中에서는 가장 活潑한 것으로 있으므로 그의 品質變化도 이에 比例하여 速度가 크다.

따라서 操作過程에서도 갇갇部分의 開裂現象이나 Whole型 製品의 收率低下를 찾아와 收益 많은 영향을 주며 또한 褐變現象을 나타내어 工程에서 特別한 注意가 必要하다.

收穫後生理現象이 加工過程에서 이러한 物量 損失을 갖어 오는 것 外에 極端의 品質의 惡變을 초래하는 수가 있다. Sweet corn의 收穫後의 急 還元糖減少는 加工品의 風味를 크게 左右하며 Asparagus 등의 收穫後纖維化는 最終製品의 品 크게 영향을 준다.

복숭아는 加工前에 若干未熟果를 2~3일 후숙시 으로서 芳香性이 豊富하고 肉組織이 알맞은 製品이 며 後熟處理를 하지 않은 것에 比하면 그 品質에 있어서 越等히 差異가 있다.

最近에는 收穫後生理現象을 把握하여 果菜의 鮮 度測定에 活用할려는 研究가 이루어지고 있다. 農 林省食品總合研究所에서는 양배추의 收穫後生理 研究한 結果 常溫에서는 葉綠素, 酸性 Phospho 의 活性 및 蛋白質 量이 현저히 減少하는 것을 知 하고 이런 것을 測定하므로써 收穫後의 經過日數 는 鮮度の 尺度로 活用하기 爲하여 檢討하고 있 要컨데 收穫後生理에 對해서는 各品目 하나 하나 對하여 特性을 把握하고 이에 對한 適切한 措 取하지 않는다면 加工工業에 있어서 豫期치 많은 失을 갖어 오게 되며 또한 이것을 잘 調節하면 지 한 方向으로 利用될 수 있으므로 切實한 品質競 爭原價競爭時代인 現時點에서 生産者는 이에 對한 心한 關心을 기우림과 同時에 끊임없는 研究가 必 할 것으로 생각된다.