

حرکت دما در گردوی ایرانی (*Juglans regia L.*) در زمان خشک شدن

امیر بهادر سیفی¹، اکبر عرب حسینی²، غلامرضا چگینی²، جواد خزایی²، محمد حسین کیانمهر²
1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مکانیک ماشین های کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
2- دانشیار گروه فنی کشاورزی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

Bahador_x21@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه گردوهای دوباره خیسانده شده توسط هوای گرم خشک شدند و دمای سطح خارجی و داخلی پوست سخت و دمای مرکز مغز گردو در حین خشک شدن اندازه گیری گردید. دمای گردوهای سوراخ شده توسط ترموکوپل نوع J اندازه گیری شد. نمودارهای دما - زمان نشان می دهند که در حدود 15 دقیقه طول می کشد تا دمای سطح داخلی پوست سخت از 15 °C به 35 °C برسد درحالی که این مدت زمان برای مرکز مغز گردو حدود 50 دقیقه می باشد. بعد از 110 دقیقه دمای سطح داخلی و مرکز مغز گردو هم دما می شوند. گرچه دمای خشک شدن روی 43 °C تنظیم شده بود ولی دماهای اندازه گیری شده هرگز به آن نرسید.

کلمات کلیدی: گردو، انتقال حرارت، خشک کردن

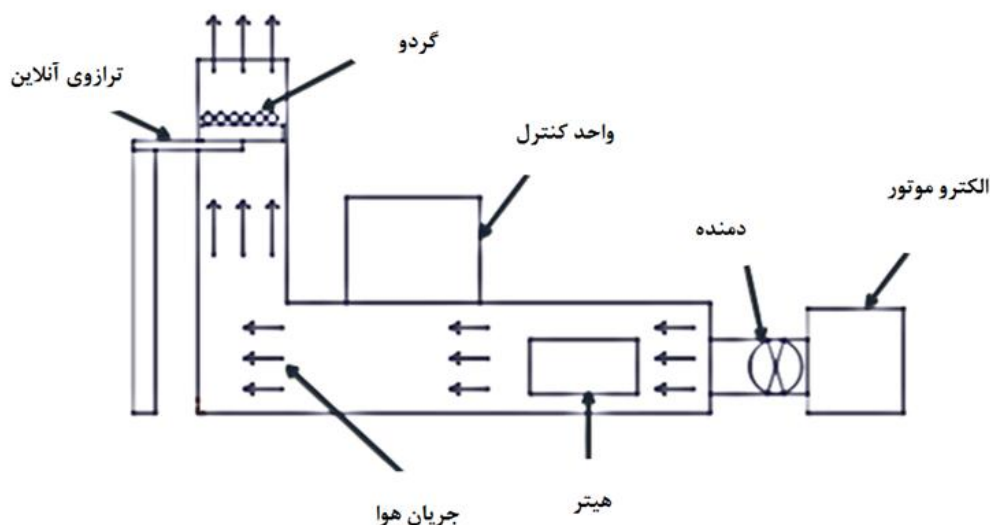
مقدمه

گردو (*Juglans spp.*) گیاهی از خانواده Juglandaceae است. این محصول دارای 21 گونه می باشد که همگی خزان دار و دارای میوه هستند. گردو از محصولات مهم خشکباری دنیا به شمار می آید و در بعضی از کشور های صنعتی بعنوان یک درخت روغنی محسوب می شود. مهمترین گونه از نظر میوه، گردوی ایرانی (*Juglans regia*) و مهمترین گونه از نظر چوب، گردوی سیاه شرق امریکا (*Juglans nigra*) است. گونه غالب خانواده Juglandaceae گردوی ایرانی (*Juglans Regia L.*) می باشد که منشاء طبیعی آن مناطق کوهستانی آسیای مرکزی است [اوحدتی، 1382]. ایران با تولید 270300 تن در سال 2010 سومین تولید کننده گردو در جهان است این در حالی است که در صادرات این محصول ارزشمند مقام 29 را دارد [Anonymous, 2010]. خشک کردن گردو بعد از پوست کردن و شستشوی آن سومین مرحله از فرآوری گردو می باشد [Johnson, 2007]. خشک کردن فرآیند بسیار مهمی در فرآوری خشکبار است [Kashaninejad, et al. 2007]. خشک کردن با هوای گرم یکی از رایج ترین روش های خشک کردن گردو می باشد. خشک کردن میوه ها و مغزها معمولاً به عنوان بخشی از فرآوری به حساب آمده و استفاده از آن چیزی بیش از مبارزه با حشرات است [Burks, 2000]. با توجه به روغن نسبتاً زیاد موجود در گردو و بادام دمای خشک کردن آن ها به دلیل جلوگیری از تند شدن روغن موجود محدود می باشد [Johnson, 2007]. حداکثر دمای خشک کردن گردوها که از تند شدن روغن موجود هم جلوگیری می کند 43 °C می باشد [Rumsey, et al 1984]. از طرفی رابطه ای بسیار قوی بین رطوبت موجود در پوست سخت و مغز گردو وجود دارد [Pan 2009].

داده های مربوط به ویژگی های خشک شدن پوست سخت، مغز و کل مغز در طراحی خشک کن ها ضروری بوده و همچنین به اندازه گیری های رطوبت داخل محفظه خشک کن کمک می کند [Rumsey, 1989]. در سال 1991 رامسی مطالعه ای را روی کاهش زمان خشک کردن گردو با استفاده از خشک کردن آبی با دمای بالا انجام داد، در این تحقیق خشک کردن آبی گردو با دماهای بالا و حداکثر 648°C برای مدت کوتاهی انجام پذیرفت اما نتایج بی نتیجه بودن این کار را در کاهش زمان خشک کردن نشان می دهد [Rumsey, 1991]. ویژگی های خشک کردن گردو توسط توابعی از دما، سرعت هوا و گونه های مختلف به صورت تجربی بررسی شد [Hassan-Beygi, et al. 2009] به منظور توسعه دادن روش های جدید خشک کردن گردو با اهداف مختلف از جمله کاهش زمان خشک کردن، افزایش کیفیت مغز استخراجی و ... بدست آوردن اطلاعات مربوط به چگونگی انتقال حرارت داخل مغز گردو ضروری به نظر می رسد. هدف از این تحقیق بدست آوردن اطلاعات پایه ای مستدل برای توسعه روش های نوین خشک کردن گردو با اهداف مختلف است. در این مطالعه خشک کردن گردو به صورت لایه نازک و با دمای 43°C ، انجام پذیرفتند و دمای سطح بیرونی و داخلی پوست سخت و مرکز مغز گردو در زمان خشک کردن اندازه گیری گردید و افزایش دمای هر قسمت در طول خشک شدن بدست آمده و با قسمت های دیگر مقایسه گردید.

مواد و روشها

گردوی " پوست کاغذی " که از رقم های محبوب گردو در ایران می باشد از منطقه بروجرد در استان لرستان که از مناطق عمده پرورش گردو در ایران است در پاییز سال 1390 تهیه گردید. گردوهای خشک شده با روش غرغاب کردن به مدت 24 ساعت خسانده شده و توسط خشک کن ساخته شده در گروه امور فنی کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران (شکل 1)، با دمای 43°C و به صورت لایه نازک خشک شدند. خشک کن مورد استفاده از الکتروموتور، فن، هیتر، واحد کنترل و ترازوی آنلاین با دقت 0/1 گرم تشکیل شده است.



شکل 1 : شماتیک خشک کردن گردو با استفاده از خشک کن ساخته شده در گروه فنی کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

آزمایش ها برای سه موقعیت مختلف اندازه گیری شامل سطح بیرونی و داخلی پوست سخت و مرکز مغز گردو طراحی گردید. برای هر آزمایش 10 گردو انتخاب و شماره گذاری گردیدند. دمای خشک کردن روی 43°C قرار داده شد [Rumsey 1982]. دما توسط ترمومتر دیجیتال مدل "Lutron-925" با دقت $0/1^{\circ}\text{C}$ که از ترموکوپل نوع J بهره می برد اندازه گیری گردید. توزین گردوها در زمان خشک شدن توسط ترازوی آن لاین نصب شده روی خشک کن با دقت $0/1$ گرم انجام شد. البته برای حذف اثر نیروی مخالف جریان هوا روی توزین، هنگام اندازه گیری فن به مدت 5 ثانیه خاموش می گردید. وزن خشک گردوها با قرار دادن نمونه ها در آن برای مدت 24 ساعت و با دمای 105°C به دست آمده و با استفاده از فرمول زیر درصد رطوبت آن بر پایه تر محاسبه گردید : [Mohsenin, 1986]

$$MC_{(w.b.)} = \frac{M - M_d}{M} \times 100$$

$MC_{(w.b.)}$: درصد رطوبت نمونه ها بر پایه تر

M : جرم نمونه (g)

M_d : جرم خشک (g)

آزمایش ها در قالب طرح بلوک های کاملا تصادفی انجام پذیرفت.

برای اندازه گیری دمای نقاط مختلف، نمونه ها به صورت زیر آماده گردیدند:

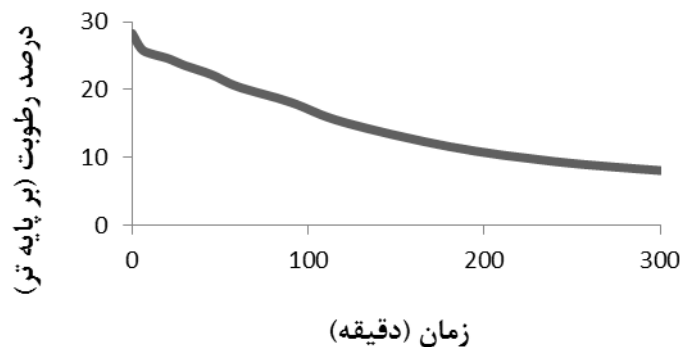
برای اندازه گیری دمای سطحی پوست سخت نقطه ی مشخصی روی گردو مشخص گردید و در زمان های مختلف دمای آن نقطه توسط پراب ترمومتر اندازه گیری گردید. برای هر اندازه گیری پراب روی نقطه مشخص شده به مدت 5 ثانیه نگه داشته شده تا نوسانات نمایش دما از بین برود سپس دمای نشان داده شده ثبت گردید. پس از آن توزین گردوها توسط ترازوی آن لاین نصب شده روی خشک کن انجام پذیرفت.

برای موقعیت دوم- اندازه گیری دمای سطح داخلی پوست سخت-، نخست قطر عرض هر گردو را توسط کولیس با دقت $0/1$ میلیمتر اندازه گرفته و سپس سوراخی به قطر 3 میلیمتر - هم اندازه با قطر پراب- در عرض گردو تا رسیدن به سطح داخلی پوست سخت ایجاد گردید. در زمان خشک شدن دما و وزن گردوها اندازه گیری گردید.

برای موقعیت سوم- اندازه گیری دمای مرکز مغز گردو-، سوراخی به قطر 3 میلیمتر تا مرکز گردو در راستای عرض ایجاد شد. دمای مرکز مغز و وزن گردوها مانند مراحل گذشته اندازه گیری گردید.

نتایج و بحث

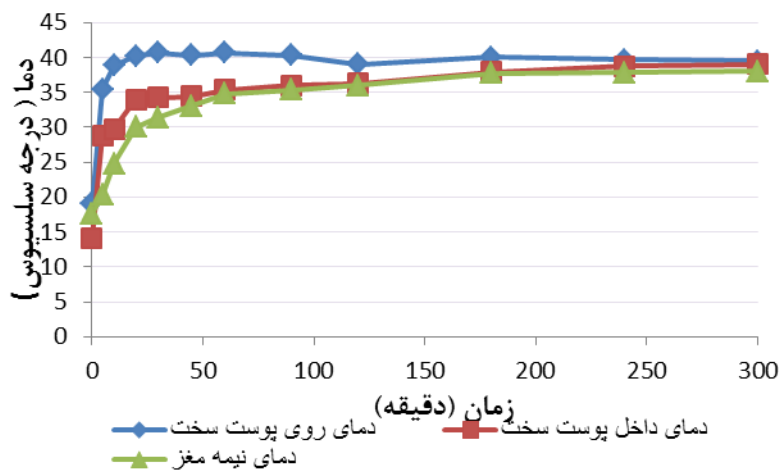
انحراف استاندارد دمای اندازه گیری شده محاسبه گردید و در انتهای مقاله نشان داده شده است (جدول 1). آزمایش ها نشان می دهند که خشک شدن گردوهای خیسانده شده سریعتر از خشک شدن گردوهای تازه است. به صورتی که در دمای 43°C زمان خشک شدن گردوها به حدود 5 ساعت کاهش یافته (شکل 2) در حالی که خشک شدن گردوهای تازه برای رقم های مختلف بین 15 - 34/33 ساعت گزارش گردیده است [Hassan-Beygi, et al. 2009].



شکل 2: نمودار خشک شدن گردوی دوباره خیسانده شده در دمای 43°C

نتایج حاصل از خشک کردن گردوها از دمای 15°C با هوای گرم با دمای 43°C نشان می دهد که موقعیت های مختلف گردو تا رسیدن به دمای 35°C زمان های مختلفی را به شرح زیر طی می کنند:

5 دقیقه سطح خارجی پوست سخت، 20 دقیقه سطح داخلی پوست سخت و 50 دقیقه مرکز مغز گردو (شکل 3).



شکل 3: نمودار انتقال دما در گردوی دوباره خیسانده شده در طول خشک شدن با دمای 43°C

پس از 110 دقیقه دمای سطح داخلی پوست سخت و مرکز مغز گردو تقریباً همدمای می گردند.

هرچند دمای خشک کردن گردوها روی 43°C تنظیم شده بود اما هیچ یک از دماهای اندازه گیری شده به این دما نرسید که به نظر می رسد به دلیل اتلاف انرژی باشد.

این مطالعه چگونگی انتقال حرارت داخل گردو را در زمان خشک کردن با دمای 43°C نشان می دهد. محدوده دماهای اندازه گیری شده و انحراف معیار اندازه گیری ها در زمان های مختلف در جدول 1 نشان داده شده است

جدول 1. دمای بخش های مختلف گردو در طول خشک کردن با دمای 43°C

زمان (دقیقه)	دمای سطح بیرونی پوست سخت (°C)	انحراف معیار دمای سطح بیرونی پوست سخت	دمای سطح داخلی پوست سخت (°C)	انحراف معیار دمای سطح داخلی پوست سخت	دمای مرکز مغز گردو (°C)	انحراف معیار دمای مرکز مغز گردو
0	19.02 ± 1	0.61	14.14 ± 0.9	0.52	17.67 ± 1.45	0.78
5	35.44 ± 2.75	1.99	28.8 ± 2.75	1.99	20.3 ± 0.85	0.54
10	38.85 ± 1.3	0.83	29.76 ± 2.15	1.53	24.78 ± 1.65	0.99
20	40.18 ± 0.85	0.46	33.93 ± 4.2	3.14	30 ± 3.3	1.77
30	40.66 ± 0.8	0.46	34.23 ± 2.75	1.84	31.37 ± 1.5	0.98
45	40.35 ± 0.7	0.56	34.47 ± 2.3	1.27	33.07 ± 1.85	1.03
60	40.71 ± 0.5	0.34	35.39 ± 3.5	1.88	34.84 ± 0.85	0.63
90	40.31 ± 0.8	0.40	35.95 ± 1.35	0.97	35.32 ± 1.5	0.94
120	38.98 ± 1.2	0.64	36.24 ± 2.15	1.17	36.01 ± 1.45	1.00
180	40.03 ± 0.45	0.33	37.88 ± 1.25	0.78	37.69 ± 2.2	1.31
240	39.7 ± 0.3	0.19	38.78 ± 1.4	1.01	37.82 ± 1.75	1.40
300	39.46 ± 0.55	0.36	39.04 ± 1.2	0.66	38.04 ± 2.05	1.39

منابع

- وحدتی، کوروش. *احداث خزانة و پیوند گردو*. تهران: انتشارات خانیران، 1382.
- Charles S. Burks, Judy A. Johnson, Dirk E. Maier, and Jerry W. Heaps. "Temperature." In *Alternatives to Pesticides in Stored Product*, by B. Subramanyam & D. Hagstrum, 73-103. Kluwer Academic Publishers, 2000.
- Anonymous, FAO, <http://faostat.fao.org>, 2010
- Hassan-Beygi, S.R, M Aghbashlo, M.H Kianmehr, and J Massah. "Drying characteristics of walnut (*Juglans regia* L.) during convection drying." *Int. Agrophysics*, 23, 2009: 129-135.
- Johnson J. "Chapter 13 Dried Fruit and Nuts: United States of America." In *Crop Post-Harvest: Science and Technology*, Volume 2: Durables, 226-235. 2007.

- Kashaninejad, M, A Mortazavi, A Safekordi, and L.G Tabil. "Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts." Journal of Food Engineering 78, 2007: 98-108.
- Mohsenin, Nuri N. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach science publishers, 1986.
- Rumsey, Tom. "WALNUT SHELL/KERNEL DRYING CHARACTERISTICS." 1989: 286-293.
- Rumsey, tom, and Jim Thompson. "Ambient Air Drying of English Walnuts." American Society of Agricultural Enginee, 1984: 942-945.
- Rumsey, Tom, and Zhimin Lu. "HIGH TEMPERATURE WALNUT DRYING." 1991: 335-345.
- Tom Rumsey, Tom Fortis, Chris Tauzer. "walnut drying." 1982: 24-29.
- Zhongli Pan, James F. Thompson, Ron Haff. "IMPROVING PROCESSING AND ENERGY EFFICIENCIES OF WALNUT DRYING." (Walnut Research Reports) 2009.