Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 8, Issue 4, Winter 2022, Pages: 49-58

Original Article

doi: 10.52547/johe.8.4.49

Evaluation of Heat Exposure in Bakery Workers Using WBGT, HIS, and UTCI Indices

Vida Rezaei Hachesu[1], Rajabali Hokmabadi[1,2*]

[1] *Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

[2] *Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Rajabali Hokmabadi, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: abi.hse2006@gmail.com*

Received: 02/08/2021
Accepted: 12/12/2021

How to Cite this Article:
Rezaei Hachesu V, Hokmabadi R. Evaluation of Heat Exposure in Bakery Workers Using WBGT, HIS, and UTCI Indices. *J Occup Hyg Eng*. 2022; 8(4): 49-58. DOI: 10.52547/johe.8.4.49

Abstract

Background and Objective: Heat is one of the most important physical harmful factors in many work environments. Due to its nature, bakery activity is considered one of the high-risk occupations in terms of heat stress. Therefore, the present study aimed to assess heat exposure in bakery workers using Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), heat stress index (HIS), and Universal Thermal Climate Index (UTCI) indices.

Materials and Methods: This descriptive-analytical cross-sectional study was conducted in bakeries in Bojnurd, Iran. In this study, heat stress was evaluated based on WBGT, HSI, and UTCI indices. The WBGT meters, thermometers, and anemometers were used to measure the required parameters. Statistical analysis was performed in SPSS software (version 21).

Results: The mean scores of WBGT, UTCI, and HSI indices were 34.81±2.63, 37.02±3.54, and 64.65± 24.23, respectively. The values of UTCI and WBGT indices, except air velocity, were significantly associated with all environmental parameters. All physiological parameters were positively correlated with UTCI and WBGT indices. The HSI index was significantly associated with oral temperature and mean skin temperature. There was a strong positive correlation between WBGT and UTCI, while HSI showed a weak positive correlation with WBGT and UTCI.

Conclusion: As evidenced by the obtained results, UTCI and WBGT were correlated with environmental and physiological parameters; moreover, a strong correlation was observed between UTCI and WBGT. It seems that UTCI is also suitable for the assessment of occupational heat stress in indoor environments, such as bakeries.

Keywords: Heat Strain Index (HSI); Heat Stress; Universal Thermal Climate Index (UTCI); Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) Index

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]

Copyright © 2022 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.8.4.49

ارزیابی میزان مواجهه با گرما در کارگران نانوایی‌ها با کاربرد شاخص‌های WBGT، HSI و UTCI

ویدا رضایی هاچه‌سو[۱]، رجبعلی حکم‌آبادی[۱،۲]*

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

[۲] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران

* **نویسنده مسئول:** رجبعلی حکم‌آبادی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

ایمیل: abi.hse2006@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: گرما یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در بسیاری از محیط‌های شغلی است. فعالیت در نانوایی با توجه به ماهیت کار، یکی از مشاغل پرمخاطره از نظر استرس گرمایی محسوب می‌شود. هدف این مطالعه، ارزیابی میزان مواجهه با گرما در کارگران نانوایی‌ها با کاربرد شاخص‌های WBGT، HSI و UTCI است.

مواد و روش‌ها: مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی است که در نانوایی‌های شهر بجنورد انجام شد. در این مطالعه، استرس گرمایی بر اساس شاخص‌های WBGT، HSI و UTCI ارزیابی شد. از دستگاه های WBGTمتر، ترمورطوبت‌سنج و آنمومتر برای اندازه‌گیری متغیرهای موردنیاز استفاده شد. تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

یافته‌ها: میانگین شاخص‌های WBGT، UTCI و HSI به ترتیب ۳۴/۸۱±۲/۶۳، ۳۷/۰۲±۳/۵۴ و ۶۴/۶۵±۲۴/۲۳ به‌دست آمد. مقادیر شاخص‌های UTCI و WBGT به‌جز سرعت هوا با تمام متغیرهای محیطی ارتباط معناداری داشت. همبستگی مثبتی بین تمام متغیرهای فیزیولوژیکی و شاخص‌های UTCI و WBGT وجود داشت. شاخص HSI با دمای دهانی و میانگین دمای پوست ارتباط معناداری داشت. همبستگی مثبت قوی بین شاخص WBGT و UTCI و همبستگی مثبت ضعیفی بین شاخص HSI با WBGT و UTCI وجود داشت.

نتیجه‌گیری: بین شاخص UTCI و WBGT با متغیرهای محیطی و فیزیولوژیکی ارتباط وجود داشت و ارتباط قوی بین UTCI و WBGT مشاهده شد. به نظر می‌رسد UTCI نیز برای ارزیابی تنش‌های گرمایی شغلی در محیط‌های داخلی مانند نانوایی‌ها مناسب است.

واژگان کلیدی: استرس گرمایی؛ شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)؛ شاخص تنش حرارتی (HSI)؛ شاخص دمای تر گویسان (WBGT)

مقدمه

شرایط مناسب جوی برای آسایش انسان شرایطی است که دمای هوا ۲۱ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد باشد [۱]. شرایط نامطلوب شامل عوامل زیان‌آوری است که شاغلان در محیط‌های کار با آن مواجهه دارند [۲-۷]. گرما یکی از مهم‌ترین عوامل زیان‌آور فیزیکی در بسیاری از محیط‌های کاری است [۸]. در بسیاری از مشاغل، گرمای ناشی از شرایط آب‌وهوایی همراه با گرمای تولیدشده به دلیل ماهیت شغلی، باعث تشدید مشکلات ناشی از گرما می‌شود. مطالعات نشان داده است کارگران مشاغلی از قبیل نانوایی‌ها، معادن، ریخته‌گری‌ها، صنایع فلزی، خشک‌شویی‌ها، راه‌سازی‌ها و شیرینی‌پزی‌ها در فصل تابستان با استرس گرمایی زیادی مواجهه دارند [۹].

مطالعات نشان داده است مواجهه با گرمای بیش از حد، عوارضی ازجمله خستگی گرمایی، کرامپ عضلانی، گرمازدگی، جوش گرمایی، کاهش عملکرد جسمی و ذهنی، کاهش بازده کاری، کاهش ایمنی، افت فشار خون، عدم خون‌رسانی به اندام‌های حیاتی و حتی مرگ افراد را ایجاد می‌کند [۱۰-۱۳]. میزان مرگ‌ومیرهای ناشی از گرما در سال ۲۰۲۰ به ۱۵ برابر

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]

بیشتر از سال ۲۰۰۱ رسیده است [۱۴].

نتایج ارزشیابی میزان مواجهه با گرما در کارگران نانوایی‌های شهر اصفهان با شاخص WBGT، استرین گرمایی و دمای دهانی که یگانه و همکارانش انجام دادند نشان داد وضعیت استرس گرمایی در نانوایی‌ها نگران‌کننده است و برنامه‌ریزی در راستای کنترل استرس گرمایی ضروری است [۱۵]. در مطالعه دیگر رشیدی و همکاران روی کارکنان نانوایی‌های صنعتی و سنتی پژوهشی انجام دادند که نتایج آنان نشان داد نانوایی‌های سنتی نسبت به صنعتی، استرس گرمایی بیشتری را تجربه می‌کنند. در این مطالعه میزان استرس گرمایی بیشتر از حد استاندارد بود که نشان‌دهنده وضعیت استرس گرمایی نگران‌کننده در نانوایی‌هاست. درنتیجه برنامه‌ریزی در راستای کنترل استرس‌های گرمایی در نانوایی‌ها ضروری است [۱۶]. مطالعات انجام‌شده در نانوایی‌ها نشان داد شرایط کاری افرادی که در مقابل تنور کار می‌کنند، در محدوده غیرمجاز است [۱۷]. طبق پژوهش حنانی و همکاران، استرس گرمایی در ۶۱ درصد از شاطران نانوایی وجود داشت و کارگران نانوایی‌های سنتی ۳/۳ برابر بیش از کارگران نانوایی‌های ماشینی در معرض استرس گرمایی بودند [۱۸]. مطالعه علی‌آبادی و همکاران نیز نتایج مطالعات قبلی را تأیید می‌کند [۱۹]. سلامتی و رفاه کارگران عمدتاً تحت تأثیر فشارهای گرمایی قرار دارد؛ بنابراین، ارزشیابی استرس گرمایی ضروری است [۲۰].

بسیاری از شاخص‌های گرمایی برای ارزشیابی شرایط حرارتی محیط کار و تنش‌های واردشده معرفی و استفاده می‌شوند. همه شاخص‌ها به دنبال ترکیب عوامل محیطی و فردی بر تنش گرمایی مؤثر هستند تا مقادیری را ارائه دهند که شرایط و بارهای محیطی را به‌درستی نشان دهد [۲۱]. به‌منظور اندازه‌گیری و ارزیابی استرس گرمایی در محیط‌های کاری از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. از سال ۱۹۲۳ تاکنون بیش از ۶۰ شاخص استرس گرمایی تدوین و ارائه شده است. این شاخص‌ها نشان‌دهنده میزان تنش گرمایی در محیط شغلی هستند [۲۲-۲۳]. یکی از این شاخص‌ها، شاخص دمای تر گویسان (Wet-Bulb Globe Temperature: WBGT) است که عوامل محیطی مهم را به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در ساختار محاسباتی خود وارد می‌کند [۲۴]. مطالعات مختلفی در ایران و جهان میزان کارایی مطلوب شاخص WBGT را تأیید کرده است [۲۵-۲۶]. همچنین سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization: WHO)، سازمان استاندارد جهانی (International Organization for Standardization: ISO)، انستیتو ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH)، اداره ایمنی و بهداشت شغلی (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) و انجمن بهداشت صنعتی آمریکا (American Industrial Hygiene Association: AIHA) این شاخص را تأیید کرده‌اند و به‌عنوان روش استاندارد اندازه‌گیری استرس حرارتی پذیرفته‌اند [۲۷-۲۸]. شاخص تنش حرارتی (Heat Strain Index: HSI) در مطالعات آزمایشگاهی و میدانی استرس گرمایی کاربرد گسترده‌ای دارد. شاخص HSI در اصل مشتق از معادله تعادل گرما و شامل عوامل محیطی و متابولیکی است. این شاخص بر اساس تبادلات حرارتی بین بدن انسان با محیط بنا گذاشته شده و شاخصی برای کنترل مهندسی تنش حرارتی از طریق اصلاح معادلات حرارتی فرد و محیط است [۲۹].

شاخص اقلیم حرارتی جهانی (Universal Thermal Climate Index: UTCI) یک شاخص جدید برای تعیین استرس گرمایی ناشی از شرایط محیطی بر بدن انسان است. در این شاخص بدن انسان به دو سیستم حرارتی برهم‌کنش متقابل تقسیم می‌شود که به محیط پاسخ می‌دهند. مقدار شاخص UTCI به دمای هوا، میانگین دمای تابشی، سرعت جریان باد و رطوبت نسبی بستگی دارد. طراحی UTCI به دلیل اینکه در تمام فصول و آب‌وهوا همراه با همه مقیاس‌های مکانی و زمانی قابل استفاده است، اهمیت بسیاری دارد [۳۰-۳۴]. میزان حد مجاز شاخص‌ها برای WBGT، HSI و UTCI با توجه به نوع فعالیت شغل نانوایی به ترتیب برابر ۲۸ درجه سانتی‌گراد، ۴۰ درصد و ۲۶ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است [۳۵، ۳۲].

با توجه به توضیحات فوق در خصوص شاخص‌های ارزیابی استرس گرمایی، ماهیت حرفه کارگران نانوایی‌ها، استفاده نکردن از روش‌های پخت خودکار، نبود اطلاعات از شرایط محیطی نانوایی‌ها و عوارض و مشکلات ناشی از استرس گرمایی که اشاره شد، به‌منظور پیشگیری از بروز این عوارض و حفظ سلامت کارگران نانوایی، این مطالعه با هدف ارزیابی میزان مواجهه با گرما در کارگران نانوایی‌ها با کاربرد شاخص‌های WBGT، HSI و UTCI انجام شد.

روش کار

این مطالعه از نوع مطالعه توصیفی-تحلیلی است که به‌صورت مقطعی در نانوایی‌های بربری، تنوری، تافتون، لواش و سنگک شهر بجنورد انجام شد. معیار ورود به مطالعه داشتن سابقه کاری حداقل یک سال و کار تمام‌وقت بود. معیار خروج نیز شامل ابتلا به بیماری‌هایی ازجمله فشار خون، ناراحتی قلبی عروقی، تب و وجود جرم در مجرای گوش بود که از طریق مشاهده و بررسی علائمی همچون احساس درد یا گرفتگی در گوش و سرگیجه وجود آن تشخیص داده شد. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات فردی و شغلی از پرسش‌نامه دموگرافیک استفاده شد. این پرسش‌نامه حاوی سؤالاتی در خصوص سن، سابقه کاری، ساعت کار روزانه و لباس افراد

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]
[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]

برای تعیین میزان کلو بود که به‌صورت مصاحبه و مشاهده حضوری جمع‌آوری شد [۲۱].

در این مطالعه از استانداردهای استرس گرمایی استفاده شد که بر اساس شاخص‌های WBGT، HSI و UTCI بود. همچنین از دستگاه WBGT شرکت Casella برای اندازه‌گیری دمای خشک، دمای تر طبیعی، دمای گویسان و شاخص WBGT، از ترمورطوبت‌سنج HD100 برای اندازگیری رطوبت و دما و از دستگاه آنمومتر مدل VT100 برای اندازه‌گیری سرعت جریان هوا استفاده شد. برای این اندازه‌گیری‌ها در هر سنجش ۱۰ تا ۳۰ دقیقه به‌منظور هم‌دما شدن دماسنج‌ها با محیط در نظر گرفته شد تا از هم‌دما شدن دماسنج‌ها با محیط اطمینان حاصل شود و پس از سه بار اندازه‌گیری، میانگین آن‌ها ثبت شد [۳۶-۳۸].

تعداد نانوایی‌ها حدود ۲۷۰ واحد بود که از این تعداد با توجه به $\alpha = 0.05, d = 0.5, S = 2.4$ که از مطالعات مشابه به‌دست آمده بود [۹]، حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار PASS، ۱۰۰ نمونه انتخاب شد. با استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای که در آن نوع نانوایی‌ها به‌عنوان طبقه در نظر گرفته می‌شود و متناسب با حجم هر طبقه، نانوایی‌ها به روش تصادفی ساده انتخاب شدند و در هر نانوایی، شاطر به‌عنوان نمونه انسانی در نظر گرفته شد تا متغیرهای فیزیولوژیکی سنجیده شود. با توجه به اینکه نانوایی‌ها سرپوشیده بودند، با استفاده از رابطه زیر، شاخص WBGT بر حسب درجه سانتی‌گراد محاسبه شد:

رابطه ۱
$$WBGT = 0.7t_{nw} + 0.3t_g + 0.6$$

در این رابطه ۰/۶ درجه سانتی‌گراد به‌خاطر لباس افراد شاغل اضافه شده است. در این مطالعه با توجه به اینکه محیط از نظر دمایی همگن بود، میزان شاخص WBGT تنها در ناحیه کمر در ارتفاع ۱۱۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد و مطابق استاندارد ISO7243 اندازه‌گیری‌ها در روزهای گرم سال (تیر و مرداد) در ساعت‌های ۹ صبح تا ۱۶ عصر انجام شد [۴۰، ۳۹، ۳۶، ۱۷]. به‌منظور برآورد میزان متابولیسم و مقاومت حرارتی لباس افراد به ترتیب از روش توصیه‌شده در استاندارد ISO8996 و ISO9920 استفاده شد [۴۱-۴۲]. ایستگاه اندازه‌گیری در حد فاصل بین شاطر و نان‌گیر در نظر گرفته شد. نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مجاز توصیه‌شده ACGIH که مورد پذیرش انجمن بهداشت کار ایران است نیز مقایسه شد [۴۵-۴۳، ۳۶، ۳۵، ۱۷] (جدول ۱).

شاخص تنش حرارتی (HSI) مشتقی از معادله تعادل گرماست که شامل عوامل محیطی و متابولیکی است. این شاخص بر اساس رابطه زیر محاسبه و مقدار آن ارزیابی شد:

رابطه ۲
$$HSI = \frac{E_{req}}{E_{max}} \times 100$$

E_{req} : میزان انرژی حرارتی که لازم است از طریق تبخیر برای رسیدن به تعادل حرارتی از بدن دفع شود و مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۳
$$E_{req} = M - R - C$$

R : انرژی تبادل‌یافته از راه تابش و مقدار آن برابر است با:

رابطه ۴
$$R = 4.4(35 - MRT)$$

C : انرژی تبادل‌یافته از راه جابه‌جایی و مقدار آن برابر است با:

رابطه ۵
$$C = V^{0.6}(35 - t_a)$$

MRT میانگین دمای تابشی (درجه سانتی‌گراد)، V سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)، ta دمای خشک (درجه سانتی‌گراد)، Emax حداکثر انرژی دفع‌شده از بدن با تبخیر در محیط کار بر حسب وات بر متر مربع و Pa فشار بخار هوا بر حسب میلی‌بار است.

رابطه ۶
$$E_{max} = 7 \times V^{0.6} \times (56 - Pa)$$

نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مجاز توصیه‌شده بر اساس جدول ۲ مقایسه شد[۴۵، ۴۴، ۳۵].

شاخص UTCI یک شاخص جدید برای تعیین استرس گرمایی ناشی از شرایط محیطی بر بدن انسان است. این شاخص را می‌توان در عملکرد کلی به شرح زیر نشان داد:

رابطه ۷: UTCI=f(Ta;Tmrt;Va;RH)

همچنین مقدار شاخص UTCI نیز از رابطه زیر قابل محاسبه است که در این مطالعه از این فرمول برای محاسبه شاخص UTCI استفاده شد.

رابطه ۸
$$UTCI = 3.21 + 0.872Ta + 0.2459Tmrt - 2.5078Va - 0.0176RH$$

جدول ۱: حد مجاز مواجهه شغلی برای مواجهه با استرس حرارتی با شاخص دمای تر گویسان (درجه سانتی‌گراد)

مدت زمان	کار سبک	کار متوسط	کار سنگین	کار خیلی سنگین
۷۵ تا ۱۰۰ درصد	۳۱	۲۸	-	-
۵۰ تا ۷۵ درصد	۳۱	۲۹	۲۷/۵	-
۲۵ تا ۵۰ درصد	۳۲	۳۰	۲۹	۲۸
۰ تا ۲۵ درصد	۳۲/۵	۳۱/۵	۳۰/۵	۳۰

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]

جدول ۲: ارزیابی شرایط جوی با شاخص HSI

شاخص HSI	نتایج فیزیولوژیکی و بهداشتی حاصل از ۸ ساعت کار در محیط گرم
-۲۰ -۱۰	تغییرات پاتولوژیکی ناشی از سرمای خفیف. این حالت اغلب در شرایطی پدید می‌آید که کارگر از محل گرم دور می‌شود.
۰	بدون هیچ‌گونه ناراحتی، تغییرات فیزیولوژیکی یا پاتولوژیکی ناشی از گرما به وجود نمی‌آید.
۱۰ ۲۰ ۳۰	فشار گرمای کم تا متوسط، قدرت تفکر در کارهایی که نیاز به مهارت و حواس‌جمعی دارد، کم می‌شود و قدرت انجام کار کاهش می‌یابد. این کاهش قدرت در انجام کارهای سنگین بدنی اشکال محسوسی ایجاد نمی‌کند .
۴۰ ۵۰ ۶۰	فشار یا تنش گرما شدید است. سلامتی در مخاطره است، ولی اگر کارگر کاملاً به این محیط عادت کرده باشد، خطر کم است. از نظر پزشکی برای کار در این محیط‌ها باید افراد مناسب و قوی انتخاب شوند. این شرایط نیز برای کارهای توأم با تلاش فکری نامناسب است.
۷۰ ۸۰ ۹۰	فشار گرما فوق‌العاده است. درصد خیلی کمی از افراد می‌توانند در چنین شرایطی به کار ادامه دهند. این افراد نیز باید در درجه اول از طریق معاینات پزشکی و در درجه دوم پس از سازش یافتن با آب‌وهوای محیط، در این شرایط کار کنند. مقدار مصرف نمک و آب کارگران باید به اندازه کافی باشد. شرایط کار باید به هر وسیله مساعد شود. بیزاری و عدم تمایل باعث عدم تناسب کارگر با کار می‌شود.
۱۰۰	حداکثر تنش گرما وجود دارد و تنها برای کارگر مناسب و سازش‌یافته با آب‌وهوای گرم قابل تحمل است.
بیشتر از ۱۰۰	باید محیط تحت کنترل بهداشتی قرار گیرد.

Ta دمای هوا، Tmrt: متوسط دمای تابشی، Va: سرعت جریان هوا و RH: رطوبت نسبی است.

نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مجاز توصیه‌شده بر اساس جدول ۳ مقایسه شد [۳۰-۳۴].

پاسخ‌های فیزیولوژیکی شامل دمای دهانی، دمای پرده صماخ، ضربان قلب و میانگین دمای پوست ثبت شد. میانگین دمای پوست بر اساس روش پیشنهادی چهار نقطه‌ای ISO در چهار نقطه دست چپ، کتف راست، سطح گردن و روی ساق پای راست اندازه‌گیری شد و در نهایت با استفاده از ضرایبی که نشان‌دهنده سطح ناحیه بررسی‌شده به کل بدن است، از رابطه زیر میانگین پوست بدن تعیین شد:

$$T_{mean} = (0.28 \times T_{rs}) + (0.28 \times T_n) + (0.28 \times T_{rsh}) + (0.16 \times T_{lh})$$ رابطه ۹

T_{mean}: میانگین دمای پوست، T_{lh}: میانگین پوست دست چپ، T_{rs}: دمای کتف راست، T_n: دمای سطح گردن، T_{rsh}: دمای روی ساق پای راست است.

سنجش دمای پرده صماخ با دماسنج تمپانیک مادون قرمز انجام شد. برای این منظور ابتدا با پرسیدن سؤالاتی از فرد همچون وجود درد گوش، احساس گرفتگی گوش و سرگیجه و نیز مشاهده ظاهری مجرای گوش از باز بودن مجرای شنوایی و نبود جرم گوش اطمینان حاصل می‌شد. سپس سنسور دماسنج در مجرای شنوایی فرد (به‌طور قراردادی سمت راست) قرار می‌گرفت و مقدار دما پس از به تعادل رسیدن سنسور دماسنج اندازه‌گیری می‌شد. برای تحلیل آماری توصیفی و تحلیلی داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها در سطح معناداری ۰/۰۵ و با آزمون‌های ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی انجام شد.

جدول ۳: ارزیابی شرایط جوی با شاخص UTCI

شاخص UTCI	بیش از ۴۶	۳۸ تا ۴۶	۳۲ تا ۳۸	۲۶ تا ۳۲	۹ تا ۲۶	۰ تا ۹	۰ تا ۱۳-	۱۳- تا ۲۷-	۲۷- تا ۴۰-	بیش از ۴۰-
وضعیت استرس دمایی	استرس گرمایی بی‌نهایت	استرس گرمایی خیلی شدید	استرس گرمایی شدید	استرس گرمایی متوسط	بدون استرس	استرس سرمایی کم	استرس سرمایی متوسط	استرس سرمایی شدید	استرس سرمایی خیلی شدید	استرس سرمایی بی‌نهایت

نتایج

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین و انحراف معیار سن، سابقه کار و ساعت کار روزانه آن‌ها به ترتیب ۸/۵± ۳۳/۵سال، ۸/۳± ۱۲/۵ سال و ۱/۱± ۷/۲ ساعت محاسبه شد. بر اساس نوع نانوایی، ۳۴ درصد نانوایی بربری، ۲۷ درصد نانوایی تنوری، ۱۸ درصد نانوایی تافتون، ۱۳ درصد نانوایی لواش و ۷ درصد نانوایی سنگک بودند. در جدول ۴، مقادیر متغیرهای فیزیولوژیکی و محیطی اندازه‌گیری‌شده و میزان شاخص‌های WBGT، HSI و UTCI نشان داده شده است. تمام متغیرهای محیطی و شاخص‌های تنش گرمایی به‌جز سرعت جریان هوا در زمان ظهر بیشترین مقدار و در زمان صبح کمترین مقدار را نشان داد. با این حال هیچ تغییر قابل توجهی در متغیرهای فیزیولوژیکی در

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]

جدول ۴: مقادیر متغیرهای فیزیولوژیکی و محیطی اندازه‌گیری‌شده و میزان شاخص‌های WBGT، HSI و UTCI

متغیرها	صبح (ساعت ۹)	ظهر (ساعت ۱۲)	عصر (ساعت ۱۵)	میانگین روزانه
متغیرهای بیولوژیکی (انحراف ±معیارمیانگین)				
دمای دهانی (درجه سانتی‌گراد)	۳۶/۳±۰/۵	۳۶/۴±۰/۵۵	۳۶/۵±۰/۴۸	۳۶/۴±۰/۵۱
دمای پرده صماخ گوش (درجه سانتی‌گراد)	۳۵/۲±۰/۹	۳۶/۱±۰/۸	۳۶/۴۵±۰/۷	۳۵/۹۲±۰/۸
میانگین دمای پوست (درجه سانتی‌گراد)	۳۴/۸±۱/۵	۳۵/۵±۱/۴۸	۳۶±۱/۲۸	۳۵/۴۳±۱/۴۲
ضربان قلب (ضربه بر دقیقه)	۸۰/۱۵±۱۴/۸	۸۱/۴۲±۱۳/۵	۸۲/۱±۱۳/۸	۸۱/۲۲±۱۴/۰۳
متغیرهای محیطی (انحراف معیار±میانگین)				
دمای خشک (درجه سانتی‌گراد)	۳۶/۴۷±۳/۸	۴۱/۰۲±۲/۸	۳۸/۵۵±۳/۵	۳۷/۶۸±۳/۳۶
دمای تر طبیعی (درجه سانتی‌گراد)	۲۴/۸۱±۲/۷	۳۶/۴±۲/۷	۲۹/۸۴±۲/۴	۳۰/۳۵±۲/۳
دمای گویسان (درجه سانتی‌گراد)	۴۳/۹۳±۴/۷	۵۳/۹۲±۳/۷	۴۷/۷۴±۴/۲	۴۸/۵۳±۴/۲
رطوبت نسبی (درصد)	۳۵/۱۳±۷/۸	۴۱/۰۲±۳/۵	۳۸/۰۶±۴/۲	۳۸/۰۷±۵/۲
سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	۰/۹۵±۰/۴۲	۱/۰۵±۰/۴	۱/۰۶±۰/۴۱	۱/۰۲±۰/۴۱
میانگین دمای تابشی (درجه سانتی‌گراد)	۴۳/۹۵±۵/۲	۵۵/۹±۴/۸	۴۹/۷±۴/۶	۴۹/۸۵±۴/۸۶
شاخص‌های استرس حرارتی (انحراف معیار±میانگین)				
شاخص WBGT (درجه سانتی‌گراد)	۲۹/۸۳±۲/۸	۴۰/۳۱±۲/۵	۳۴/۲۹±۲/۶	۳۴/۸۱±۲/۶۳
شاخص UTCI (درجه سانتی‌گراد)	۳۴/۳۵±۳/۴۱	۴۱±۳/۵۲	۳۷/۲۲±۳/۷	۳۷/۰۲±۳/۵۴
شاخص HSI (درصد)	۵۸/۵±۲۳/۴	۶۸/۳±۲۵/۱	۶۷/۱۵±۲۴/۲	۶۴/۶۵±۲۴/۲۳

طول روز وجود نداشت. میانگین و انحراف معیار مقادیر شاخص‌های WBGT، UTCI و HSI به ترتیب ۳۴/۸۱±۲/۶۳، ۳۷/۰۲±۳/۵۴و ۶۴/۶۵±۲۴/۲۳ محاسبه شد (جدول ۴).

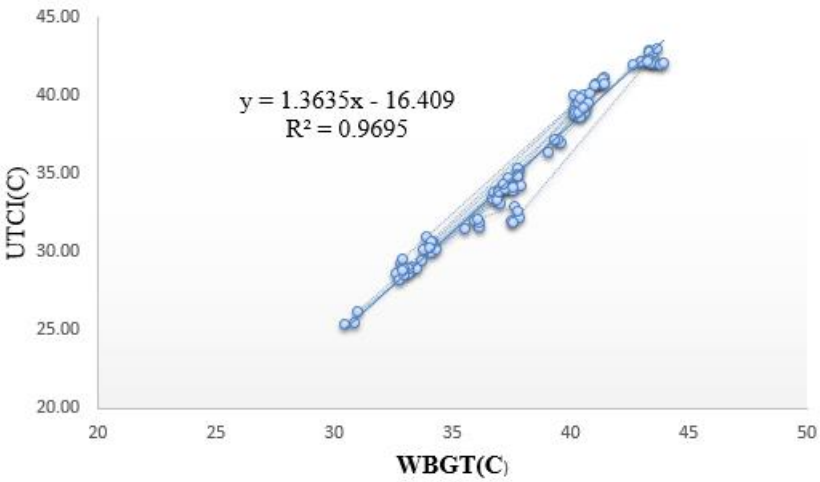
روابط بین شاخص‌های تنش گرمایی و متغیرهای محیطی و فیزیولوژیکی در جدول ۵ نشان داده شده است. UTCI و WBGT به‌جز سرعت هوا با تمام متغیرهای محیطی ارتباط

جدول۵: روابط بین شاخص‌های تنش گرمایی، متغیرهای محیطی و فیزیولوژیکی

متغیرها		WBGT	UTCI	HSI
متغیرهای بیولوژیکی				
دمای دهانی (درجه سانتی‌گراد)	R	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۳۲
	P	۰/۰۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲۵
دمای پرده صماخ گوش (درجه سانتی‌گراد)	R	۰/۵۱	۰/۵۰۵	۰/۳۵
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۷۸
میانگین دمای پوست (درجه سانتی‌گراد)	R	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۲۸
	P	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱	۰/۰۲۷
ضربان قلب (ضربه بر دقیقه)	R	۰/۲۷۳	۰/۲۷۶	۰/۱۲۵
	P	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۳۵
متغیرهای محیطی				
دمای خشک (درجه سانتی‌گراد)	R	۰/۹۱	۰/۹۸	۰/۲۶
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۳۵
دمای تر طبیعی (درجه سانتی‌گراد)	R	۰/۹۳	۰/۷۹	۰/۲۶
	P	۰/۰۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۳۵
دمای گویسان (درجه سانتی‌گراد)	R	۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۲۷
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱
رطوبت نسبی (درصد)	R	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۲۱
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۲۲	۰/۰۳۵
سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	R	-۰/۲۱	-۰/۲۳	۰/۰۲
	P	۰/۵۵	۰/۳۱	۰/۸۰
میانگین دمای تابشی (درجه سانتی‌گراد)	R	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۲۹
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲۵

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]



شکل ۱: همبستگی خطی بین شاخص‌های UTCI و WBGT

معناداری داشت. بین WBGT و UTCI با سرعت جریان هوا ارتباط منفی ضعیفی وجود داشت. بیشترین ضریب همبستگی بین WBGT و دمای تر طبیعی و شاخص UTCI با دمای خشک ضریب همبستگی شاخص HSI با متغیرهای محیطی بسیار کم بود. در مقایسه شاخص‌های مطالعه‌شده، شاخص UTCI بیشترین ضریب همبستگی را با متغیرهای محیطی داشت. از نظر پاسخ‌های فیزیولوژیکی، همبستگی مثبت قابل توجهی بین تمام متغیرهای فیزیولوژیکی و شاخص‌های UTCI و WBGT وجود داشت. شاخص HSI با دمای دهانی و میانگین دمای پوست ارتباط معناداری داشت. بیشترین ضریب همبستگی بین UTCI و متغیرهای فیزیولوژیکی یافت شد. همبستگی مثبت قوی بین شاخص WBGT و UTCI وجود داشت (شکل ۱)، ولی همبستگی مثبت ضعیفی بین شاخص HSI با WBGT و UTCI وجود داشت (جدول ۵).

بحث

شرایط آب‌وهوایی نامطلوب همراه با نیازهای مختلف شغلی از قبیل بارکاری، لباس کار، میزان متابولیسم، مواجهه طولانی‌مدت با عوامل زیان‌آور و استفاده نکردن از وسایل حفاظت فردی مناسب باعث بروز عوارض ازجمله استرس گرمایی به‌ویژه در فصول گرم برای شاغلان می‌شود. این افراد از اختلالاتی مانند خستگی گرمایی، کرامپ عضلانی، گرمازدگی، جوش‌های گرمایی، کاهش عملکرد جسمی و ذهنی، کاهش بازده کاری و کاهش ایمنی رنج می‌برند [۴۶-۴۷]. اولین مرحله در مدیریت و سیاست‌های پیشگیری، ارزیابی استرس گرمایی و شناسایی افرادی است که در معرض تنش گرمایی قرار دارند. ابزاری مفید برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط کار، کاربرد شاخص‌هاست. شاخص‌های UTCI، WBGT و HSI از شاخص‌های ارزیابی معتبر هستند که برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط‌های کاری استفاده می‌شوند [۴۸، ۴۰، ۳۲، ۱۸-۱۶، ۱۲، ۸]، هدف این مطالعه، ارزیابی میزان مواجهه با گرما در کارگران نانوایی‌ها با کاربرد شاخص‌های WBGT، HSI و UTCI انجام شد.

بر اساس شاخص‌های UTCI، WBGT و HSI، محیط کاری نانوایی‌ها در شرایط نامطلوب قرار داشت و در بیشتر نانوایی‌ها مقدار اندازه‌گیری‌شده بیشتر از حد مجاز بود که با نتایج مطالعات علی‌آبادی و همکاران [۱۲]، چرخانداز و همکاران [۴۹]، حنایی و همکاران [۱۸] و کوهستانی [۵۰] همخوانی داشت. بر اساس نتایج این مطالعه، ارتباط قابل ملاحظه‌ای بین شاخص‌های WBGT و UTCI با تمام متغیرهای محیطی (دمای خشک، دمای تر طبیعی، دمای گویسان، رطوبت نسبی، میانگین دمای تابشی) به‌جز سرعت جریان هوا مشاهده شد که با نتایج مطالعه وطنی و همکاران [۱۹] و نصیری و همکاران [۵۱] همخوانی دارد. در این مطالعه نیز ارتباط بین شاخص‌های WBGT و UTCI و سرعت جریان هوا وجود نداشت. همچنین نتایج مطالعه Brode و همکاران [۵۲] و Blazejczyk و همکاران [۵۳] نشان داد شاخص UTCI برای ارزیابی محیط کار با سرعت زیاد جریان هوا کاربرد کمتری دارد.

علاوه‌براین، بین شاخص‌های UTCI و WBGT همبستگی معناداری مشاهده شد. با این حال، همبستگی مثبت ضعیفی بین WBGT و UTCI با شاخص HSI مشاهده شد. وطنی و همکاران [۱۹] و نصیری و همکاران [۵۱] نشان دادند بین شاخص‌های UTCI و WBGT ارتباط معناداری وجود دارد. نتایج آن‌ها نشان داد شاخص UTCI برای ارزیابی محیط‌هایی با سرعت جریان هوای کم (کمتر از یک متر بر ثانیه) مناسب است.

Kampmann و همکاران نشان دادند بین شاخص‌های WBGT و UTCI در محیط‌هایی با رطوبت کم همبستگی قوی وجود داشت [۵۴]. با توجه به رطوبت نسبی و سرعت

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]
[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]

جریان هوا که در این مطالعه اندازه‌گیری شد و همچنین ارتباط قوی که بین UTCI و WBGT یافت شد، به نظر می‌رسد UTCI شاخص مناسبی برای ارزیابی استرس گرمایی شغلی در محیط‌های داخلی با رطوبت و سرعت جریان هوای کم باشد.

بین شاخص‌های UTCI و WBGT با دمای دهانی، دمای پرده صماخ، میانگین دمای پوست و ضربان قلب ارتباط معناداری مشاهده شد. در مطالعه وطنی و همکاران [۱۹] هیچ ارتباط معناداری بین تمام پاسخ‌های فیزیولوژیکی با شاخص‌های WBGT و UTCI مشاهده نشد. آن‌ها همبستگی منفی بین دمای دهانی، پرده صماخ و پوست را با WBGT گزارش کردند [۱۹]. بیشترین ارتباط بین شاخص‌ها و پاسخ‌های فیزیولوژیکی برای دمای دهانی، میانگین دمای پوست و پرده صماخ مشاهده شد که با نتایج نصیری و همکاران همخوانی داشت [۵۱]. در مطالعه Wan، اندازه‌گیری دمای مقعدی، دمای پرده صماخ، دمای زیرزبانی، ضربان قلب و شاخص‌های فیزیولوژیکی برای دو لباس مختلف انجام شد و نتایج نشان داد دمای پرده صماخ و دمای دهانی بهترین شاخص برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط کار است [۵۵]. نتایج تحقیقات علی‌آبادی و همکاران نشان داد بین WBGT و دمای دهانی در نانوایی‌ها ارتباط معناداری وجود داشت [۱۲]. حاجی‌زاده و همکاران نتیجه گرفتند ارتباط معناداری بین شاخص‌های WBGT، HSI ، PHS و DI با دمای دهانی، دمای پرده گوش و دمای پوستی وجود داشت [۵۶].

نتایج مطالعه غریبی و همکاران نشان داد بهترین همبستگی متغیرهای فیزیولوژیک اندازه‌گیری‌شده مربوط به دمای عمقی گوش و شاخص WBGT است [۲۱] که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت و سایر متغیرها شامل ضربان قلب و میانگین دمای پوست همبستگی قابل قبولی را نشان ندادند [۲۱] که در خصوص ضربان قلب با نتایج این مطالعه همخوانی داشت، اما با میانگین دمای پوست همخوانی نداشت. بسیاری از مطالعات دیگر نیز ارتباط بیشتر شاخص دمای گوش را با استرس گرمایی، به‌ویژه شاخص WBGT نشان داده‌اند [۵۷-۵۹].

رضایی و همکاران مطالعه‌ای را با هدف ارزیابی استرس گرمایی در صنایع فولاد و مقایسه شاخص‌های استرس حرارتی HSI، DI، WBGT، PHS در برآورد استرس گرمایی و تعیین شاخصه بهینه انجام دادند. نتایج مطالعه آنان نشان داد شاخص WBGT نسبت به شاخص‌های دیگر بیشترین همبستگی را با دمای گوش دارد [۶۰] که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد.

نتایج مطالعه نگهبان و همکاران نشان داد دمای پرده گوش ارتباط قوی‌تری با شاخص WBGT دارد [۶۱] که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت. بر این اساس، به دلیل سهولت اندازه‌گیری، غیرتهاجمی بودن، مقبولیت توسط شاغلان، اندازه‌گیری سریع و عدم تداخل در فرایند کاری، دمای پرده گوش به‌عنوان یک شاخص کاربردی نسبت به سایر شاخص‌ها برای اندازه‌گیری میزان تنش فیزیولوژیکی در محیط‌های کاری گرم استفاده می‌شود که با برخی از مطالعات دیگر نیز همخوانی داشت [۶۳، ۶۲، ۴۶، ۲۱].

از محدودیت‌های این مطالعه که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی بدان توجه شود، سنجش میزان تعریق و آب ازدست‌رفته و دمای عمقی بدن است تا بر اساس این متغیرها، شاخص PHS محاسبه شود. همچنین توصیه می‌شود میزان تعریق در محیط آزمایشگاهی و با سنجش مستقیم دمای گوش انجام شود تا مقایسه عملکرد شاخص PHS با مقادیر واقعی متناظر آن امکان‌پذیر باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد بین شاخص UTCI و WBGT با متغیرهای محیطی و فیزیولوژیکی ارتباط وجود دارد. با توجه به رطوبت نسبی و سرعت جریان هوای کم که در این مطالعه اندازه‌گیری شد و همچنین ارتباطی که بین UTCI و WBGT مشاهده شد، به نظر می‌رسد UTCI نیز برای ارزیابی تنش‌های گرمایی در محیط‌های داخلی مانند نانوایی‌ها مناسب باشد. همچنین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، شرایط کار برای افرادی که در نزدیک تنور فعالیت داشتند، در محدوده غیرمجاز بود و لزوم کنترل‌های مدیریتی و مهندسی برای کاهش استرس گرمایی تأکید می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی به‌خاطر تصویب و تأمین مالی این پژوهش و تمام همکارانی که ما را در انجام این مطالعه یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

تضاد منافع

این مقاله هیچ تعارض منافعی ندارد.

ملاحظات اخلاقی

در این مطالعه تمام ملاحظات اخلاقی رعایت شده است. تمامی افراد شرکت‌کننده با آگاهی و رضایت کامل در این مطالعه مشارکت داشته‌اند.

سهم نویسندگان

نویسنده اول در آنالیز داده‌ها و نگارش مقاله و نویسنده دوم در طراحی، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و نگارش مقاله نقش داشته‌اند.

حمایت مالی

این مطالعه از سوی دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی حمایت مالی شده است.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]

REFERENCES

1. Aliabadi M. Jahangiri M. Orsi M. Jalali M. Evaluation of heat stress based on WBGT index and its relationship with physiological parameter of sublingual temperature of workers in bakeries of Arak. *J Occupa Med*. 2015;**6**(1):48-56.
2. Nassiri P, Koohpaei A, Zeraati H, Shalkouhi PJ. Evaluation of exposure to whole-body vibration and its health effects on train operators in Tehran and imeshk line, Iran. *J Low Freq No Vibr Act Con*. 2009;**28**(4):285-94. DOI: 10.1260/0263-0923.28.4.285
3. Nassiri P, Koohpaei A, Zeraati H, Shalkouhi PJ. Train passengers comfort with regard to whole-body vibration. *J Low Freq Noi Vibr Act Conl*. 2011;**30**(2):125-36. DOI: 10.1260/0263-0923.30.2.125
4. Beheshti M, Koohpaei A, Mousavian Z, Mehri A, Zia G, Tajpour A, et al. The effect of sound with different frequencies on selective attention and human response time. *Ir Occup Heal*. 2018;**15**(3):118-28.
5. Hajizadeh R, Malakoti J, Beheshti M, Khodaparast E, Mehri A, Akbarpoor A, et al. Epidemiological study of Qom construction accidents and provide an algorithm for accidents recordation. *Ir Occup Heal*. 2015;**12**(2):13-21.
6. Beheshti MH, Hajizadeh R, Mehri A, Borhani Jebeli M. Modeling the result of hexane leakage from storage tanks and planning an emergency response programm in a petrochemical complex. *Ir Occup Heal*. 2016;**13**(1):69-79.
7. Koohpaei A. Semi-quantitative risk assessment of occupational exposure area industrial wastewater Treatment unit in an oil refinery and chemical contaminants. *Ir Occup Heal*. 2019;**15**(6):10-20.
8. Hokmabadi RA. Sadghi A. Karimi F.Rohani F. Ghasmi R. Evaluation of heat stress in bakeries in Bojnourd based on index WBGT and HSI. *Sha Spec Sci J*. 2017;**10**(3):77-83.
9. Rashidi MA, Hajizadeh R, Beheshti MH, Akbari A, Poornajaf A, Khavanin A, Poornajaf M, Nickvand F, Torshizi YF. The assessment of heat stress in the employees of the confectionery workshops based on wbgt and di indexes: Case of Ilam city. *Ir Occupa Heal*. 2019;**16**(5):40-51.
10. Balghanabadi S, Mehdipour, Mohammadi A, Teizrou M. Investigating the Relationship between Thermal Strain Level and Dehydration Level in Sugar Factory Workers. *Occup Heal J*. 2016;**3**(3):16-23. DOI: 10.29089/2017.17.00040
11. Qajar kohistani MA. An Analysis of the Heat Stress Index and San WBGT Ball on the Abilities of Sari 1376-1 377. 4th National Conference on Occupational Health of Iran; 2004.
12. Aliabadi M, Jahangiri M, Arasi M, Jalali M. Study of thermal stress based on WBGT index and its correlation with physiological parameters of subsoil temperature in workers in bakery workers in Arak. *Quart J Occupa Med*. 2014;**6**(1):48-56.
13. Kovats RS, Hajat S. Heat stress and public health: a critical review. *Ann Rev Public Health*. 2008;**29**:41-55. DOI: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843
14. Hanani M, Motobei Kashani M, Mousavi SGA, Bahrami A. Study of the thermal stress of the environment in Kashan bakery workers. *Feyz J Kashan Uni Med Sci*. 2004;**8**(3):25-9.
15. Charkhandaz Y, Abbasi J, Dehghan Shahreza H. Evaluation of heat exposure in bakery workers in Isfahan using Goisan wet temperature index, heat strain score index and oral temperature. *Heal Sys Res*. 2014;**1**:599-607.
16. Rashidi R, Haghshenas Darouneh Z, Mahdavi S, Rokrok A, Almasian M. The Evaluation of Heat Stress Levels among the Workers of Industrial and Traditional Bakeries in Khorramabad, Iran, Using the WBGT Index. *YAFTEH*. 2018;**20**(4):74-84.
17. Golmohammadi R, Hasani M, Zamanparvar A, Oliaei M, Aliabadi M, Mahdavi S. Comparing the HIS and WBGT heat stress indices in bakeries in Hamedan. *Ir Occup Heal J*. 2006;**3**(3-4):46-51.
18. Hanani M, Motalebi Kashani M, Mossavi G, Bahrami A. Assessment of environmental heat stress among bakery workers in Kashan, Iran. *FEYZ*. 2005;**8**:25-29.
19. Abadi M, Jahangiri M, Arrassi M, Jalali M. Evaluation of heat stress based on the WBGT index and its relationship with the physiological parameter of sublingual temperature in bakeries of Arak, Iran. *TKJJ*. 2014;**6**(1):48-56.
20. Mahgoub AO, Gowid S, Ghani S. Global evaluation of WBGT and SET indices for outdoor environments using thermal imaging and artificial neural networks. *Sus Cit Soci*. 2020;**60**:102182. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102182
21. Gharibi V, Mohammadbeigi A, Asadi-Ghalhari M, Heidari H. Investigation of the compatibility of wet bulb globe temperature (WBGT) and predicted heat strain (PHS) in assessing the environmental conditions and heat load imposed on individuals: a case study in bakery workers. *Heal Saf Wo*. 2020;**1**(1):58-71.
22. Hajizadeh R, Beheshti MH, Khodaparast I, Malekoti J, Rahimi H. Study of thermal stress in small businesses in Qom. *Heal Saf Wo*. 2013;**3**(4):59-68. DOI: 818.3.7.jrh.acadpub/18869.10
23. Houizy F, Ghasem Khani M. Determining and Comparison of TWL and WBGT Thermal Indicators in Employees of Oil-Gas Dryer Rhino in Ahvaz. *Occup Health Iran*. 2015;**4**(12):1-10.
24. Dehghan H, Mortazavi SB, Jafari MJ, Marathi MR. Joint application of Sun Tongue Temperature Index and Heart Rate in Hot Weather Conditions: A Guide to Better Better Estimation of the Thermal Strain. *Feyz J Kashan Uni Med Sci*. 2012;**16**(2):113- 20.
25. Falahati M, Ali Mohammadi I, Ali Asghari F, Zokaei M, Sardar A. Validation of WBGT and P4SR thermal stress indices with deep body temperature. *Occup Health J*. 2012;**9**(3):22-31.
26. Srivastava A, Kumar R, Joseph E, Kumar A. Heat exposure study in the workplace in a glass manufacturing unit in India. *Ann Occup Hyg*. 2000;**44**(6):449-53. PMID: 10963709
27. Biabani A, Alimohammadi I, Falahati M, Zokaie M. Validation of Heat Stress Indices at Oil Terminals in Northern and Southern Iran. *J Occup Hyg Eng*. 2019; **6**(3): 74-80. DOI: 10.29252/johe.6.3.74
28. Sawka M, Wenger C, Montain S, Kolka M , Bettencourt B, Flinn S, et al. Heat stress control and heat casualty management. Army Research Inst of Environmental Medicine Natick MA; 2003.
29. Omer AH, Abdelaziz BJ, Ibrahim AM, Abdikarim YM, Rashid MN. Assessment of thermal exposure level among construction workers in UAE using WBGT, HSI and TWL indices. *Indus Heal*. 2020;**58**(2):170-81. PMID: 31308288 DOI: 10.2486/indhealth.2018-0259
30. Pecelj MM, Lukić MZ, Filipović DJ, Protić BM, Bogdanović UM. Analysis of the Universal Thermal Climate Index during heat waves in Serbia. *Nat Haz Ear Sys Sci*. 2020;**20**(7):2021-36. DOI: 10.5194/nhess-20-2021-2020
31. Hamerezaee M, Dehghan SF, Golbabaei F, Fathi A, Zamanian Z. Comparison of Different Heat Stress Indices for Assessing Farm-ers' Exposure to Heat Stress. *Ir J Pub Heal*. 2020;**49** (9):1810-2. DOI: 10.18502/ijph.v49i9.4107
32. Błażejczyk K, Epstein Y, Jendritzky G, Staiger H, Tinz B. Comparison of UTCI to selected thermal indices. *Int J Biometeorol*. 2012;**56**:515-535. DOI: 10.1007/s00484-011-0453-2
33. Błażejczyk K, Jendritzky G, Bröde P, Fiala D, Havenith G, Epstein Y, Psikuta A, and Kampmann B. An introduction to the Universal Thermal Climate Index. *Geogr. Pol*. 2013;**86**(4):5-10. DOI: 10.7163/GPol.2013.1
34. Błażejczyk K, Kuchcik M, Błażejczyk A, Milewski P, and Szmyd J. Assessment of urban thermal stress by UTCI – experimental and modelling studies: an example from Poland. *ERDE*. 2014;**145**(4):16–33. DOI: 10.12854/erde-145-3
35. ACGIH. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents, American Conference on Governmental Hygienists. 2018. pp 176-185.
36. Monazzam MR, Jafariroodbandi A, Mohammadi P, Amirzadeh F, Tabatabaee S. H. R. A study on heat stress and its risk assessment in a steel factory. *Ir Occup Health*. 2012;**9**(4):42-49. https://ioh.iums.ac.ir/article-1-960-en.pdf
37. Golbabaee F, Omidvari M. Man and thermal stress in the

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]

work environment. 3rd ed. Tehran: Tehran University Press; 2009.
38. Halvani GH, Aminipour MR, Malek-Yazdi M. The heat index and the amount of work and rest in a glass factory in Yazd. *J Yazd Uni Med Sci*. 2000;**7**(2):51-57.
39. Education MoHaM. Hand book of occupational exposure limit; 2016.
40. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. *Indus Heal*. 2006;**44**(3):368-79. DOI: 10.2486/indhealth.44.368
41. ISO-9920. International Organization for Standardization (ISO). Ergonomics of the thermal environment Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. (Standard No. ISO 9920:2007). Geneva: ISO; 2007.
42. Malchaire, Jacques, Development and validation of the predicted heat strain model. *Ann Occupa Hyg*. 2001;**45**(2):123-135. DOI: 10.1093/annhyg/45.2.123
43. ISO-8996. International Organization for Standardization (ISO). Ergonomics of the thermal environment-Determination of metabolic rate. (Standard No. ISO 8996:2004). Geneva: ISO; 2004.
44. Charkhandaz Yeganeh R, Abbasi J, Dehghan H. Evaluation of the relationship among wet bulb global temperature index, oral temperature & heat strain scoring index in the bakeries of Isfahan, Iran. 2014;**10**(3):1-9. http://hsr.mui.ac.ir/article-1-711-en.html
45. Hygienists ACoGI, editor Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2017.
46. Monazzam MR, Golbabaei F, Hematjo R, Hosseini M, Nassiri P, Farhang Dehghan S, Evaluation of DI, WBGT and SWreq/PHS heat stress indices for estimating the heat load on the employees of a petrochemical industry. *IJOH*. 2014;**6**:6–10.
47. Golbabaei F, Monazzam MR, Hematjo R, Hosseini M, Farhang Dehghan S. The assessment of heat stress and heat strain in pardis petrochemical complex, Tehran, Iran. *IJOH*. 2013;**5**:6-11.
48. Charkhandaz Yeganeh R, Abbasi J, Dehghan H. Evaluation of the relationship among wet bulb global temperature index, oral temperature & heat strain scoring index in the bakeries of Isfahan, Iran. 2014;**10**(3):1-9.
49. Charkhandaz Y. Abbasi J. Dehghan H. Evaluation of Relationship WBGT index, Oral Temperature and Heat Scoring index in bakers of Isfahan. *J Health Syst Res*. 2014;**0**(3):559-607.
50. Kohestani M. Investigation of bulb glob and wet temperature index of sari bakeries. *Fou Nat Cong Occupa Heal*. 2005;**4**(1):7-12.
51. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Dehghan SF, Rafieepour A, Mortezapour AR, Asghari M. Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for assessment of occupational heat stress in open-pit mines. *Indus Heal*. 2017;**55**(5):437-443. PMCID: PMC5633359 DOI: 10.2486/indhealth.2017-0018
52. Bröde P, Błazejczyk K, Fiala D, Havenith G, Holmér I, Jendritzky G, Kuklane K, Kampmann B . The Universal Thermal Climate Index UTCI compared to ergonomics standards for assessing the thermal environment. *Ind Health*. 2013;**51**:16–24. DOI: 10.2486/indhealth.2012-0098
53. Blazejczyk K, Epstein Y, Jendritzky G, Staiger H, Tinz B, Comparison of UTCI to selected thermal indices. *Int J Biometeorol*. 2012;**56**:515–35. DOI: 10.1007/s00484-011-0453-2
54. Kampmann B, Bröde P, Fiala D, Physiological responses to temperature and humidity compared to the assessment by UTCI, WGBT and PHS. *Int J Biometeorol*. 2012;**56**:505–13. DOI: 10.1007/s00484-011-0410-0
55. Wan M. Assessment of occupational heat strain. Dissertation, University of South Florida. 2006. DOI: 10.1007/s00484-011-0410-0
56. Hajizadeh R, Golbabaei F, Farhang Dehghan S, Beheshti MH, Jafari SM, Taheri F, Validating the heat stress indices for using in heavy work activities in hot and dry climates. *J Res Health Sci*. 2016;**16**:90–5. PMCID: PMC7189940
57. Tian Z, Zhu N, Zheng G, Wei H. Experimental study on physiological and psychological effects of heat acclimatization in extreme hot environments. *Buil Env*. 2011;**46**(10):2033-41. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.04.027
58. Falahati M, Alimohammadi I, Farshad AA, Zokaii M, Sardar A. Evaluating the reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. *Ir Occup Heal*. 2012;**9**(3):22-31.
59. Mcneill MB, Parsons KC. Appropriateness of international heat stress standards for use in tropical agricultural environments. *Ergon*. 2000;**42**(6):779- 97. DOI: 10.1080/001401399185289
60. Hamerezaee M, Golbabaei F, Nasiri P, Farhang Dehghan S, Fathi A, Darabi F, Determination of optimum index for heat stress assessment on the basis of physiological parameters, in steel industries. *J Heal Saf Wo*. 2018;**2**(8):163-174.
61. Negahban A, Aliabadi M, Babayi Mesdaraghi Y, Farhadian M, Jalali M, et al. Investigating the Association between Heat Stress and its Psychological Response to Determine the Optimal Index of Heat Strain. *J Occupa Hyg Eng*. 2014;**1**(1):8-15.
62. Heidari HR, Golbabaei F, Arsang Jang S, Shamsipour AA. Validation of humidex in evaluating heat stress in the outdoor jobs in arid and semi-arid climates of Iran. *J Heal Saf Wo*. 2016;**6**(3):29-42.
63. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. *Ind Heal*. 2006; **44**(3):388-98. DOI: 10.2486/indhealth.44.388

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.4.49]