

PIOTR ZAPOTOCZNY, MAGDALENA ZIELIŃSKA

ROZWAŻANIA NAD METODYKĄ INSTRUMENTALNEGO POMIARU BARWY MARCHWI

Streszczenie

W pracy przedstawiono rozważania nad metodyką pomiaru barwy materiałów niejednorodnych na przykładzie marchwi. Korzeń marchwi był krojony na kostkę o bokach 10 x 10 x 10 mm. Pomiaru dokonano na kostkach surowych, blanszowanych oraz suszonych fluidyzacyjnie w temp. 70°C. Suszeniu poddano zarówno kostki nieblanszowane, jak i blanszowane w wodzie o temp. 95°C prze 4 min z dodatkiem trójfosforanu sodowego. Sprawdzano także wpływ rozdrabniania kostek na pomiar barwy. Barwa mierzona była w systemie $L^*a^*b^*$, wyliczone zostały indeksy barwy: bezwzględna różnica barwy ΔE^* oraz indeks żółtości YI(313). Wykazano wpływ sposobu przygotowania próbek do pomiaru na interpretację uzyskanych wyników. Przed przystąpieniem do pomiarów wyliczono minimalną liczebność próby.

Minimalna liczba powtórzeń przy zakładanym błędzie pomiaru wyniosła od 15 do 36, w zależności od mierzonej składowej. Stwierdzono statystycznie istotne różnice ($p = 0,05$) pomiędzy składowymi barwy w kolejnych seriach pomiarowych tych samych kostek marchwi. Sposób przygotowania próbek do pomiaru miał wpływ na składowe barwy. Blanszowanie kostek, a następnie ich rozdrabnianie wpłynęło na zmniejszenie jasności barwy. Sposób przygotowania próbek marchwi poddanej suszeniu nie miał dużego wpływu na zmianę jasności barwy. Natomiast w przypadku składowych a^* , b^* oraz indeksu ΔE^* i YI313 sposób przygotowania próbek marchwi zarówno przed, jak i po suszeniu miał znaczący wpływ na badane parametry.

Słowa kluczowe: marchew, barwa, system $L^*a^*b^*$, jakość, metodyka pomiaru.

Wprowadzenie

Pomiar barwy jest jednym z podstawowych parametrów w ocenie jakości produktów i surowców spożywczych. Barwa jest cechą fizyczną produktu, która w zdecydowany sposób wpływa na pozytywny bądź negatywny jego odbiór przez konsumenta. Może ona informować o składzie chemicznym produktu, a tym samym o jego przydatności do przetwórstwa, przechowywania czy transportu. Pomiar barwy

Dr inż. P. Zapotoczny, Katedra Inżynierii Procesów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Heweliusza 14, 10-718 Olsztyn, mgr inż. M. Zielińska, Katedra Podstaw Techniki,

znajduje zastosowanie także do oceny procesów technologicznych, m.in. procesu ekspandowania czy suszenia. Aktualnie wyróżnia się dwie metody opisu barwy, a mianowicie ocenę sensoryczną oraz pomiar instrumentalny. Analiza sensoryczna, pomimo zapewnienia powtarzalnych warunków jej przeprowadzenia, przeszkolenia zespołu oceniającego oraz zastosowania odpowiednich metod, może być obciążona pewnym subiektywizmem. Zaletą jej jest możliwość opisu barwy na podstawie całej powierzchni produktu, co jest szczególnie ważne w przypadku oceny produktów niejednorodnych. Metoda instrumentalna jest powtarzalna, wystandaryzowana i precyzyjna. Wykorzystuje się w niej różnego rodzaju spektrofotometri dokonywane pomiaru w świetle odbitym lub przechodzącym. Wadą metod instrumentalnych jest to, że pomiar dotyczy ograniczonej powierzchni próbki. Jest to szczególnie widoczne w pomiarach produktów o zróżnicowanej budowie anatomicznej lub różnym stopniu wybarwienia powierzchni. Strukturalna różnorodność owoców i warzyw jest ogromna. Różnorodna budowa tkanek owoców i warzyw oraz względne proporcje, w jakich one występują mają decydujący wpływ na teksturę, barwę i inne właściwości fizyczne oraz determinują sposób przetwarzania [4]. Rozkład związków chemicznych w tkankach roślinnych jest także nierównomierny. Przykładem może być zawartość karotenoidów w korzeniu marchwi. Czarniecka-Skubina i Gołaszewska [3] badały zawartość wybranych składników chemicznych w marchwi odmiany Perfekcja. Autorki wykazały, że najwięcej karotenoidów znajduje się w korze ($17,2 \pm 0,3$ mg/g), gdzie stanowiły one ok. 51% ich całkowitej zawartości, natomiast w rdzeniu i skórce stanowiły odpowiednio 34 i 14,7%.

Z powyższych powodów pomiar barwy tego samego materiału biologicznego wykonywany przez różnych naukowców może się różnić. Zależec to będzie w dużej mierze od sposobu przygotowania próby do badań (np. sposobu rozdrobnienia) oraz sposobu i miejsca dokonania pomiaru (np. część korowa czy rdzeniowa korzenia marchwi).

W instrumentalnych pomiarach wykorzystuje się różnego rodzaju modele matematyczne opisujące barwę najczęściej w postaci punktu o trzech współrzędnych. Na podstawie rozkładu widma promieniowania, które zostało odbite od próby, program obsługujący urządzenie wylicza współrzędne barwy w systemie XYZ przy wcześniej ustalonym obserwatorze (10° i 2°) i iluminancji (D65, C, A). Na podstawie tych trzech składowych istnieje możliwość wyliczenia innych modeli barwy np. CIE LCh [20].

Aktualnie wielu autorów wykorzystuje system CIE $L^*a^*b^*$ do opisu barwy, a tym samym jakości owoców, warzyw i przetworów owocowo-warzywnych, jak też do opisu zmian zachodzących podczas procesów technologicznych, m.in. w marchwi [18], bananach [14], jabłkach [5], gruszkach [8]. Stosowanie systemu $L^*a^*b^*$ umożliwia także wyliczanie różnych indeksów np.: ΔE^* , ΔC^* , ΔH^* [16, 2, 19, 9, 6, 1, 12, 8],

które umożliwiają opisanie zmian barwy, jak również wskazują, które charakterystyki barwy uległy zmianie. Ozkan i wsp. [15] badali wpływ zawartości wody na barwę suszonej brzoskwini. Atrybuty barwy mierzono w 4 punktach 10 owoców brzoskwini. Maskan [14] opisał kinetykę zmian barwy owoców kiwi podczas suszenia konwekcyjnego i mikrofalowego. Pomiar barwy dokonywany był na świeżym surowcu oraz podczas procesu suszenia. Lewicki [11] przedstawił wpływ temperatury suszenia na stabilność barwy cebuli podczas przechowywania. Świeżą cebulę obierano i cięto na plastry o grubości 3 mm. Barwę świeżej cebuli mierzono bezpośrednio, natomiast po procesie suszenia badano barwę proszku w 10 powtórzeniach. Krokida i wsp. [10] opisali wpływ różnych metod suszenia na barwę jabłek, bananów, marchwi i ziemniaków. Badaniu poddano próbki o kształcie cylindrycznym o średnicy 20÷30 mm i wysokości 8÷10 mm. Zmierzono barwę 8 próbek, po 2 każdego materiału. Barwa próbki była mierzona w 5 różnych miejscach w celu określenia średnich wartości parametrów L^* , a^* , b^* . W prezentowanych pracach obserwuje się brak dokładnego opisu metodyki badań. Ponadto tak duża różnorodność sposobu przygotowania materiału badawczego do pomiaru staje się czynnikiem limitującym możliwość porównywania uzyskanych wyników przez różnych autorów.

Z powyższego przeglądu literatury wynika, że w większości prac mało jest informacji o sposobie przygotowania próby do pomiaru, doborze sposobu i miejsca pomiaru, liczby powtórzeń jak i analizie błędu. Z tego względu istotne wydaje się określenie wpływu sposobu przygotowania próby oraz metodyki pomiaru na parametry jakościowe badanego produktu, a w dalszym etapie opracowanie jednolitej metodyki pomiaru barwy poszczególnych grup surowców spożywczych, z uwzględnieniem materiałów o niejednorodnej strukturze.

Celem niniejszej pracy było sprawdzenie, a przede wszystkim określenie, w jaki sposób przygotowanie próbki może wpłynąć na interpretację wyników pomiaru barwy produktów o niejednorodnej budowie tkankowej.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były korzenie marchwi odmiany Macon pochodzącej z uprawy Zakładu Warzywniczego w Skierniewicach. Marchew krojono w plastry o grubości 10 mm, a następnie z plastrów wykrawano sześciiany o wymiarach 10 x 10 x 10 mm. Pomiar barwy i analiza statystyczna wyników przebiegała kilkuetapowo:

- **etap I** polegał na przeprowadzeniu eksperymentu wstępnego polegającego na określeniu minimalnej liczebności próby ($N_{\min.}$), koniecznej do badań zasadniczych.

Zastosowano następującą formułę matematyczną:

$$N_{\min} \geq \frac{t_{\gamma}^2 * S_r^2}{d^2}$$

gdzie:

t_γ – wartość statystyki testu t Studenta dla określonego, przyjętego poziomu istotności oraz stopni swobody,

S_r – odchylenie standardowe z próby,

d^2 – zakładany maksymalny błąd pomiaru mierzonej wielkości,

Przyjęto następujące założenie: błąd pomiaru = 1 jednostce, liczebność próby 15, stopnie swobody 13, zakładany poziom istotności $p = 0,05$;

- **etap II** polegał na sprawdzeniu, czy w kolejnych seriach pomiarowych średnia wartość poszczególnych składowych barwy tych samych kostek będzie sobie równa. Wykonano sześć powtórzeń zakładając, że każda kostka w kolejnym pomiarze może mieć zmierzoną barwę innej powierzchni. Dokonano pomiaru kostek surowych, blanszowanych oraz suszonych fluidyzacyjnie w temp. 70°C. Suszeniu poddano zarówno kostki nieblanszowane, jak i blanszowane w wodzie o temp. 95°C prze 4 min z dodatkiem trójfosforanu sodowego;
- **etap III** obejmował sprawdzenie, w jak i sposób rozdrobnienie kostek wpływa na wyrównanie barwy. Kostki surowe, jak i suszone rozdrabniane były w młynku laboratoryjnym;
- **etap IV** polegał na sprawdzeniu w jaki sposób przygotowanie próbki wpływa na interpretację wyników pomiaru barwy kostek marchwi poddanej suszeniu fluidyzacyjnemu.

W każdym z etapów pomiar barwy wykonany został spektrofotometrem MiniScan XE Plus firmy HunterLab, obserwatora 10°, światła znormalizowanego D65 oraz przesłony 8°. Barwa została opisana w modelu barwy $L^*a^*b^*$. Na podstawie składowych zostały wyliczone indeksy barwy: bezwzględna różnica barwy (ΔE^*) oraz indeks żółtości (YI313). Standardem przy wyliczeniu ΔE^* był wzorec barwy białej o parametrach $L^* -94$, $a^* - (-0,95)$, $b^* 0,49$.

W celu porównania średnich wartości cechy przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji przy poziomie istotności $p = 0,05$ (test Duncana). Analiza statystyczna wyników została przeprowadzona z wykorzystaniem pakietu Statistica 6.1.

Wyniki i dyskusja

Wyliczenie liczebności próby

W tab. 1. przedstawiono wyniki obliczeń liczebności próby. W przypadku każdej składowej uzyskano inny wynik minimalnej liczebności próby.

Minimalna liczebność próby do pomiarów poszczególnych składowych barwy.
The number of samples required for measurement of particulate colour parameters.

Wyróżnik barwy Colour parameters	Liczebność próby wstępnej Number of the preliminary sample	Zakładany błąd pomiaru Assumed error of the measurement [-]	Statystyki Statistics [-]		Liczebność obliczona N_{\min}
			\bar{X}	S_r	
L*	15	1	68,71	1,82	15
a*	15	1	42,39	2,36	26
b*	15	1	54,15	2,77	36

\bar{X} – wartość średnia / mean value, S_r – odchylenie standardowe / standard deviation.

W związku z tym, że minimalna liczebność próby do zmierzenia składowej b* wyniosła 36, w dalszych pomiarach za minimalną liczbę przyjęto pomiary z co najmniej 40 kostek.

Pomiar barwy kostek marchwi w sześciu seriach pomiarowych

W wielu badaniach dotyczących wpływu określonego procesu na zmianę jakości produktu spożywczego dokonuje się pomiaru barwy jako jednego z jej wyróżników. W większości urządzeń mierzących barwę obszar pomiarowy jest niewielki. Z tego względu należy się liczyć z dużym współczynnikiem zmienności barwy w pomiarze produktów o zróżnicowanej budowie anatomicznej. Większość badaczy zakłada w swoich pomiarach świadomie, a najczęściej nieświadomie, że pomiar barwy materiałów niejednorodnych w seriach pomiarowych (ten sam niezmienny produkt) będzie taki sam. W tab. 2. zestawiono wyniki badań jakie uzyskano z 6 serii pomiarowych tych samych kostek surowej marchwi przed, jak i po procesie suszenia.

Na podstawie analizy statystycznej wyników wykazano, że pomimo wykonywania pomiaru tego samego materiału w 6 powtórzeniach, uzyskano istotne różnice w pomiarze barwy i jej indeksów. W opracowaniu wyników posłużono się kryterium przyjętym przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową CIE [7]. Według tego kryterium sklasyfikowane są bezwzględne różnice barw ΔE^* , adekwatnie do postrzegania barw przez człowieka. Przyjęto, że bezwzględne różnice barw pomiędzy 0 i 2 są nierozpoznawalne, od 2 do 3,5 rozpoznawalne przez niedoświadczonego obserwatora, natomiast powyżej 3,5 obserwuje się wyraźne odchylenie barwy. W przypadku marchwi surowej różnice pomiędzy największą a najmniejszą wartością indeksu ΔE^* wynosiły 8,64 jednostki. Znaczną różnicę tj. 15,59 jednostek zaobserwowano również w indeksie YI313. Mniejsze różnice pomiędzy średnimi występowały w marchwi suszonej. Różnica pomiędzy najmniejszą a największą wartością indeksu ΔE^* wynosiła 3,32.

Tabela 2

Wartości średnie składowych barwy tych samych kostek marchwi uzyskane z sześciu serii pomiarowych oraz wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji.

The mean values of colour parameters and indices of particulate experimental row. The results of a one-factor analysis of variance.

Grupa Group	Liczba próby Number of the sample	Wyróżniki barwy Colour parameters									
		L* [-]		a* [-]		b* [-]		ΔE* [-]		YI313 [-]	
		\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
M _{ks} -1*	43	68,82 ^A	1,67	42,39 ^A	2,16	54,27 ^D	2,82	73,54 ^D	3,51	140,84 ^D	6,82
M _{ks} -2	43	68,91 ^A	2,11	40,32 ^B	3,45	51,08 ^B	4,39	70,00 ^B	5,16	134,78 ^B	9,87
M _{ks} -3	43	69,74 ^{AB}	2,47	39,13 ^B	3,72	49,51 ^{AB}	4,59	67,87 ^{AB}	5,68	130,62 ^{AB}	11,01
M _{ks} -4	43	69,59 ^{AB}	2,21	39,16 ^B	2,89	49,48 ^{AB}	3,36	67,91 ^{AB}	4,13	130,85 ^{AB}	8,28
M _{ks} -5	43	69,61 ^{AB}	2,34	38,93 ^{BC}	3,53	48,86 ^A	5,34	67,34 ^A	6,03	129,70 ^A	11,62
M _{ks} -6	43	70,03 ^B	1,89	37,63 ^C	3,19	46,76 ^C	4,26	64,90 ^C	4,86	125,25 ^C	9,49
M _{ks70} -1*	43	71,16 ^{AB}	4,50	17,26 ^{AB}	4,25	16,01 ^{AB}	4,88	33,17 ^{AB}	7,49	53,58 ^{AB}	16,18
M _{ks70} -2	43	69,81 ^{AB}	4,24	18,36 ^A	4,70	17,26 ^{AB}	5,24	35,34 ^A	7,60	57,97 ^{AB}	17,35
M _{ks70} -3	43	70,93 ^{AB}	4,55	17,60 ^{AB}	4,78	16,35 ^{AB}	5,31	33,69 ^{AB}	8,03	54,77 ^{AB}	17,76
M _{ks70} -4	43	69,88 ^{AB}	3,99	18,47 ^A	4,62	16,99 ^{AB}	4,96	35,21 ^{AB}	7,33	57,54 ^{AB}	16,94
M _{ks70} -5	43	69,31 ^B	4,29	19,18 ^A	3,98	18,11 ^B	4,60	36,49 ^A	7,02	60,87 ^B	15,54
M _{ks70} -6	43	71,70 ^A	4,30	16,25 ^B	3,96	15,08 ^A	4,27	31,82 ^B	6,77	50,31 ^A	14,46

Wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie $p < 0,05$ / Mean values in the same column with the different letters are significantly different at essential ($p < 0,05$);

M_{ks} – kostka surowa / raw cube; M_{ks70} – kostka suszona / dried cube, 1..6* – kolejne powtórzenia / the next repetition; \bar{X} – wartość średnia / mean value; S – błąd standardowy średniej / standard error of the mean value; L* – jasność / lightness; a* – żółtość / yellowness; b* – czerwoność / redness; ΔE* – bezwzględna różnica barwy / Hunter Lab total colour difference, YI313 – indeks żółtości, Yellowness index.

Wyniki uzyskanych pomiarów nakazują zwrócenie większej uwagi na metodykę pomiaru barwy produktów o zróżnicowanej budowie anatomicznej. Szczególnie istotny będzie właściwy dobór liczebności próby, przede wszystkim w przypadku porównywania różnych odmian tego samego gatunku, kiedy różnice w barwie są niewielkie.

Następnie został sprawdzony wpływ procesu blanszowania na barwę marchwi. W tab. 3. przedstawiono wartości średnie i wyniki analizy wariancji pomiaru barwy marchwi, która została poddana blanszowaniu, a następnie suszeniu.

T a b e l a 3

Wartości średnie składowych barwy kostek marchwi blanszowanej uzyskane z trzech serii pomiarowych oraz wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji.

The mean of colour parameters and indices of particulate experimental row for blanched carrot cubes. The results of a one-factor analysis of variance.

Grupa Group	Liczebność próby Number of the sample	Wyróżniki barwy Colour parameters									
		L* [-]		a* [-]		b* [-]		ΔE* [-]		YI313 [-]	
		N	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}
M _{kb} -1*	45	66,92 ^A	1,64	43,39 ^A	2,43	56,59 ^A	2,33	76,49 ^A	3,26	146,90 ^A	6,65
M _{kb} -2	45	66,70 ^A	1,51	43,27 ^A	2,54	56,17 ^A	3,03	76,19 ^A	3,82	146,58 ^A	7,37
M _{kb} -3	45	67,30 ^A	1,70	43,08 ^A	3,02	56,29 ^A	3,89	75,96 ^A	4,78	145,61 ^A	8,97
M _{kb70} -1*	45	71,21 ^A	5,41	18,83 ^A	6,12	19,90 ^A	7,33	35,98 ^A	10,63	62,79 ^A	23,66
M _{kb70} -2	45	70,98 ^A	4,97	19,44 ^A	6,19	20,23 ^A	7,19	36,64 ^A	10,34	64,15 ^A	23,25
M _{kb70} -3	45	71,20 ^A	4,02	18,82 ^A	4,83	19,82 ^A	6,45	35,96 ^A	8,48	62,30 ^A	19,18

Wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie $p < 0,05$ / Mean values in the same column with the different letters are significantly different at essential ($p < 0,05$);

M_{kb} – kostka surowa, blanszowana / raw cube, blanched; M_{kb70} – kostka blanszowana, wysuszona / blanched cube, dried, 1..3* – kolejne powtórzenia / the next repetition.

W związku z tym, że już wyniki trzech grup pomiarowych wykazywały wyrównanie barwy, w poszczególnych wariantach wykonano tylko trzy serie oznaczeń. Wartości średnie każdego wyróżnika barwy niezależnie od serii pomiarowej nie różniły się statystycznie istotnie przy zakładanym poziomie istotności. Różnica pomiędzy minimalną a maksymalną średnią bezwzględnej różnicy barwy ΔE^* wynosiła 0,53 jednostki w kostkach surowych poddanych procesowi blanszowania, natomiast 0,68 w kostce poddanej procesowi blanszowania i suszenia, co można uznać za niezauważalną różnicę. Także wartości pozostałych składowych barwy w poszczególnych seriach pomiarowych nie różniły się statystycznie istotnie.

Pomiar barwy próbek rozdrobnionych

W tab. 4. zestawiono wartości średnie uzyskane z pomiaru barwy we wszystkich badanych grupach doświadczalnych. Dodatkowo przedstawiono współczynniki zmienności, obliczone z równania:

$$v = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\% \text{ gdzie:}$$

v – współczynnik zmienności,

S – błąd standardowy średniej,
 \bar{x} – wartość średnia mierzonego parametru.

Tabela 4

Wartości średnie składowych barwy kostek marchwi zróżnicowanych sposobem obróbki oraz wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji.

The mean values of colour parameters and indices of particulate experimental row for carrot cubes. The results of a one-factor analysis of variance.

Grupa Group	Liczba próby Number of the sample	Statystyki	Wyróżniki barwy Colour parameters									
			L* [-]		a* [-]		b* [-]		ΔE^* [-]		YI313 [-]	
M _{ks}	258	\bar{X}	69,45 ^A		39,58 ^A		49,97 ^C		68,57 ^C		131,96 ^C	
		S v	2,16	3,11	3,49	8,82	4,75	9,51	5,59	8,15	10,7	8,11
M _{kb}	129	\bar{X}	66,97 ^B		43,25 ^B		56,35 ^B		76,21 ^B		146,36 ^B	
		S v	1,63	2,43	2,66	6,15	3,13	5,55	3,98	5,22	7,69	5,25
M _{rs}	45	\bar{X}	49,40 ^C		24,16 ^C		28,53 ^A		58,38 ^A		106,48 ^A	
		S v	0,84	1,70	0,89	3,68	1,32	4,63	0,89	1,52	3,36	3,16
M _{rb}	45	\bar{X}	47,29 ^D		22,89 ^D		28,65 ^A		59,53 ^A		107,67 ^A	
		S v	0,31	0,66	0,62	2,71	0,81	2,83	0,58	0,97	2,32	2,15
M _{ks70}	258	\bar{X}	70,45 ^A		17,87 ^A		16,65 ^C		34,31 ^A		55,89 ^A	
		S v	4,35	6,17	4,46	24,96	4,94	29,67	7,48	21,80	16,62	29,74
M _{kb70}	129	\bar{X}	71,13 ^A		19,02 ^A		19,98 ^B		36,19 ^A		63,08 ^B	
		S v	4,82	6,78	5,73	30,13	6,96	34,83	9,82	27,13	22,02	34,91
M _{rs70}	45	\bar{X}	65,86 ^B		29,38 ^C		31,48 ^A		51,69 ^B		99,01 ^C	
		S v	0,39	0,59	0,31	1,06	0,27	0,86	0,44	0,85	0,96	0,97
M _{rb70}	45	\bar{X}	71,00 ^A		21,82 ^D		30,04 ^A		43,83 ^C		83,12 ^D	
		S v	0,67	0,94	0,52	2,38	0,56	1,86	0,75	1,71	1,54	1,85

Wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie $p < 0,05$ / Mean values in the same column with the different letters are significantly different at essential ($p < 0,05$);

M_{ks} – kostka surowa / raw cube; M_{kb} – kostka surowa, blanszowana / raw, cube blanched; M_{rs} – kostka rozdrobniona surowa / crumbled raw cube; M_{rb} – kostka blanszowana rozdrobniona / blanched crumbled cube; M_{ks70} – kostka suszona / dried cube; M_{kb70} – kostka blanszowana, wysuszona / blanched cube, dried; M_{rs70} – kostka suszona, rozdrobniona / dried cube, crumbled; M_{rb70} – kostka blanszowana, suszona / blanched cube, dried; v – współczynnik zmienności / coefficient of variance.

Rozdrobnienie kostek miało wpływ na zmianę barwy. Średnie wartości składowych barwy różniły się statystycznie istotnie pomiędzy próbkami rozdrobnionymi a całymi kostkami. Rozdrobnienie spowodowało, że barwa próby stała się ciemniejsza. Różnica pomiędzy wartościami parametru L* uzyskanymi z marchwi rozdrobnionej i nierozdrobnionej wynosiła 20 jednostek. Podobną sytuację

zaobserwowano w przypadku parametru a^* i b^* , gdzie wartości uzyskane po procesie rozdrabniania były 2-krotnie niższe w porównaniu z materiałem wyjściowym.

Natomiast rozdrabnianie próbek przed procesem suszenia spowodowało wyrównanie wartości średnich pomiarów barwy marchwi blanszowanej i nieblanszowanej. Różnica pomiędzy wartościami indeksu ΔE^* wynosiła tylko 1,15 jednostek, a indeksu YI313 1,19 jednostek. Współczynnik zmienności zmniejszył się 3-4 krotnie.

W tab. 5. przedstawiono uzyskane różnice barwy pomiędzy marchwią surową a suszoną w zależności od sposobu przygotowania próbki do pomiaru. Rozpiętość uzyskanych wyników składowej L^* , w zależności od grupy doświadczalnej, wynosiła od 1 do 23,71 jednostek. Tak duża różnica spowodowana była tym, że rozdrobnienie wpłynęło na zmianę jasności z 69,45 do 47,29 jednostek. Podobne rozpiętości zanotowano w pozostałych składowych barwy, odpowiednio w a^* od 1,07 do 21,71 oraz b^* od 1,39 do 36,37. Wartości indeksu ΔE^* wahały się od 6,69 do 40,02 w zależności od grupy doświadczalnej. Wyniki te dowodzą, jak różna mogła być interpretacja wyników w zależności od sposobu przygotowania próby, a tym samym możliwość błędnego wnioskowania. Przykładem na powyższe stwierdzenie może być analiza składowej jasności (L^*). W przypadku pomiaru barwy kostek nieblanszowanych i nierozdrobnionych można sformułować wniosek, że proces suszenia nie wpłynął istotnie na zmianę jasności (zmiana wynosi 1 jednostkę). Natomiast gdyby tę samą marchew blanszować i poddać suszeniu różnica jasności wyniesie już 4,16 jednostki, a w blanszowanej i rozdrobnionej aż 23, 71 jednostki. Przytoczony przykład potwierdza obserwację, że różny sposób przygotowania próbek prowadzi do odmiennych wniosków, co do wpływu procesu suszenia na zmianę barwy kostek marchwi.

Istotna jest także analiza wielkości odchylenia standardowego oraz współczynnika zmienności. Wielkość tych statystyk będzie miała wpływ na wielkość próby. Proces rozdrobnienia (tab. 4) znacząco wpłynął na ujednoczenie próby, a tym samym na zmniejszenie wartości współczynnika zmienności.

Po przeanalizowaniu powyższych danych należałoby zastanowić się, jak przygotować próbkę do pomiaru barwy oraz jaka powinna być liczebność próby, aby wynik był reprezentatywny dla populacji? Autorzy sugerują, aby na wstępie ocenić jednorodność materiału, który ma być poddany badaniom. W przypadku produktów jednorodnych próbek nie trzeba rozdrabniać. Natomiast produkty niejednorodne, a takie najczęściej występują w przemyśle owocowo-warzywnym, należałoby wstępnie rozdrabniać. Można także zwiększyć liczbę powtórzeń. Jak wynika z przedstawionych badań, liczba ta powinna być kilkakrotnie większa od przeprowadzonej w doświadczeniu. Przed przystąpieniem do badań należy także zastanowić się nad celem przeprowadzanego pomiaru barwy. Chcąc wykazać wpływ określonego procesu na

zmianę barwy, sposób przygotowania próby nie będzie miał decydującego znaczenia. Bezwzględna różnica barwy oraz indeks żółtości będzie na tyle duży, że możliwe będzie zaobserwowanie wpływu procesu na zmianę barwy. Problem może nastąpić wówczas, gdy badania będą dotyczyły różnic pomiędzy dwoma grupami doświadczalnymi poddanymi określonemu procesowi technologicznemu. W takim przypadku ewentualne różnice lub ich brak mogą być spowodowane niewłaściwą metodyką pomiaru (tabela 2, 3, 5).

Tabela 5

Składowe barwy oraz indeksy poszczególnych grup doświadczalnych kostek marchwi poddanych procesowi suszenia.

The comparison mean values of colour parameters and indices of particulate experimental groups for dried carrot cubes.

Grupa Group	Statystyka Statistics	Wyróżnik barwy / Colour parameters				
		L* [-]	a* [-]	b* [-]	ΔE^* [-]	YI313 [-]
M_{ks}	\bar{X}_1	69,45	39,58	49,97	68,57	131,96
M_{ks70}	\bar{X}_2	70,45	17,87	16,65	34,31	55,89
Różnica ($\bar{X}_1 - \bar{X}_2$)		-1,00	21,71	33,32	34,26	76,07
M_{kb}	\bar{X}_1	66,97	43,25	56,35	76,21	146,36
M_{kb70}	\bar{X}_2	71,13	19,02	19,98	36,19	63,08
Różnica ($\bar{X}_1 - \bar{X}_2$)		-4,16	24,23	36,37	40,02	83,28
M_{rs}	\bar{X}_1	49,40	24,16	28,53	58,38	106,48
M_{rs70}	\bar{X}_2	65,86	29,38	31,48	51,69	99,01
Różnica ($\bar{X}_1 - \bar{X}_2$)		-16,46	-5,22	-2,95	6,69	7,47
M_{rb}	\bar{X}_1	47,29	22,89	28,65	59,53	107,67
M_{rb70}	\bar{X}_2	71,00	21,82	30,04	43,83	83,12
Różnica ($\bar{X}_1 - \bar{X}_2$)		-23,71	1,07	-1,39	15,7	24,55

M_{ks} – kostka surowa / raw cube; M_{kb} – kostka surowa, blanszowana / raw cube, blanched; M_{rs} – kostka rozdrobniona surowa / crumbled raw cube; M_{rb} – kostka blanszowana rozdrobniona / blanched crumbled cube; M_{ks70} – kostka suszona / dried cube; M_{kb70} – kostka blanszowana, wysuszona / blanched cube, dried; M_{rs70} – kostka suszona, rozdrobniona / dried cube, crumbled; M_{rb70} – kostka blanszowana, suszona / blanched cube, dried.

Wnioski

1. Kostki marchwi poddane procesowi blanszowania charakteryzowały się wyrównaną barwą w porównaniu z kostkami nieblanszowanymi.
2. Rozdrobnienie kostek spowodowało zmniejszenie jasności barwy badanego materiału, zmianę jej odcienia i nasycenia.
3. Rozdrobnienie kostek blanszowanych, jak i nieblanszowanych przed procesem suszenia, spowodowało wyrównanie barwy marchwi rozdrobnionej.

Praca sfinansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych, projekt badawczy nr 2 P06T 024 26.

Literatura

- [1] Ahmed J., Shivhare U.S., Raghavan G.S.V.: Color degradation kinetics and rheological characteristics of onion puree. Transactions of ASAE, 2001, **44**, **1**, 95–98.
- [2] Avila I.M.L.B., Silva C.L.M.: Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. J. Food Eng., 1999, **39**, 161-166.
- [3] Czarniecka-Skubina E., Gołaszewska B.: Wpływ procesu kulinarnego na jakość wybranych warzyw. Żywność. Nuka. Technologia. Jakość, 2001, **2** (27), 103 – 116.
- [4] Duckworth R.B.: Fruits and vegetables. Pergamon Press. London 1966.
- [5] Feng H., Tang J.: Microwave finish drying of diced apples in a spouted bed. J. Food Sci., 1998, **63**, 679-683.
- [6] Gunawan M.I., Barringer S.A.: Green colour degradation of blanched broccoli (*Brassica oleracea*) due to acid and microbial growth. J. Food Process Pres., 2000, **24**, 253-263.
- [7] Heidelberg - Anonim. Barwa i jakość. Heidelberg Druckmaschinen AG, Kurfursten-Anlage, 1999, s. 52-60.
- [8] Ibarz A., Pagan J., Garza S.: Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. J. Food Eng., 1999, **39**, 415–422.
- [9] Kidmose U., Hansen M.: The influence of postharvest storage, temperature and duration on quality of cooked broccoli florets. J. Food Quality, 1999, **22**, 135-146.
- [10] Krokida M.K., Maroulis Z.B., Saravacos G.D.: The effects of the method of drying on the colour of dehydrated products. Inter. J. Food Sci. Technol., 2001, **36**, 53-59.
- [11] Lewicki P.P., Pomarańska-Łazuka W., Witrowa-Rajchert D., Nowak D.: Effect of mode of drying on storage stability of colour of dried onion. Pol. J. Food Nutr. Sci., 1998, **4** (7/48), 701-706.
- [12] Lozano J.E., Ibarz A.: Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. J. Food Eng., 1997, **31**, 365-373.
- [13] Maskan M.: Microwave/air and microwave finish drying of banana. J. Food Eng., 2000, **44**, 71-78.
- [14] Maskan M.: Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. J. Food Eng. 2001, **48**, 169-175.
- [15] Ozkan M., Kirca A., Cemeroglu B.: Effect of moisture content on CIE color values in dried apricots. European Food Res. Techn. 2003, **216**, 217-219
- [16] Shin S., Bhowmik S.R.: Thermal kinetics of color changes in pea puree. J. Food Eng., 1995, **24**, 77-86.
- [17] Sikorski Z.E. (pod red.): Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności. WNT, Warszawa 1994.

- [18] Skrede G., Nilsson A., Baardseth P., Rosenfeld H.J., Enersen G., Slinde E.: Evaluation of carrot varieties for production of deep fried carrot chips–III. Carotenoids. *Food Res. Int.*, 1997, **30**, **1**, 73-81.
- [19] Tijskens L.M.M., Schijvens E.P.H.M., Biekman E.S.A.: Modelling the change in colour of broccoli and green beans during blanching. *Innovative Food Sci. Emerging Technologies*, 2001, **2**, 303-313.
- [20] <http://www.easyrgb.com/>

DISCUSSION ABOUT A MEASUREMENT OF COLOUR OF CARROT

S u m m a r y

This paper shows a careful examination and discussion about a measurement of colour of inhomogeneous biological materials. An example of such materials is a carrot. Samples were cut into 10 mm cubes. An instrumental method for determining the changes in colour of raw, blanched and dried carrots is used in this paper. The fluidized bed drying was used as a method of food preservation. The samples which were used to drying were divided into two parts: blanched or unblanched. The drying process was carried out under specific operating conditions: 70°C and the mean of air velocity 4.5 m/s. The blanching operation was carried out for 4 minutes in boiling water. The parameters L^* , a^* , b^* were applied to colour description. In an instrumental evaluation of colour and description of differences between the samples the following indices can be calculated and expressed in the form of: ΔE^* (total colour difference), YI (313) (index of yellowness). This paper shows the influence of sample preparation on measurement of carrot colour. The results of this study show that the sample preparation is an important and significant step in colour measurement and how it could influence on interpretation of obtained experimental results. Previously to samples preparation the number of repetition was calculated. The minimum number of repetition was from 15 to 36 on the accepted error of measurement level. It depends on measurement constituents. There were observed statistical differences ($p = 0,05$) between measurement constituents in the following series of the same carrot cubes measurement. It was observed that the way of sample treatment had a significant influence on constituents of colour. The blanching operation of carrot cubes and further coarse grinding had a significant influence on lightness deterioration. The way of sample treatment before drying is irrelevant and not significant for lightness. Moreover the way of sample treatments (blanching, powdering) had a significant influence on parameter a^* , b^* and indices: ΔE^* , YI 313. The way of sample treatment may play an important role for further interpretation of obtained experimental results, what is shown in discussion.

Key words: carrot, colour, system $L^*a^*b^*$, quality, methodology of measurement 